



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Estudo das necessidades de frio para a indústria vitivinícola

**Desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo para o
estudo das necessidades de refrigeração durante a
produção de vinho
(versão corrigida após defesa)**

David Fernandes Proença

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Eletromecânica
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Alexandre Borges de Miranda
Co-orientador: Eng. Arlindo Ferreira, M.Sc.

Covilhã, julho de 2019

Dedicatória

Quero dedicar esta dissertação principalmente aos meus pais e ao meu irmão pelo carinho e apoio que demonstram ao longo da minha vida. Dedico-a também aos meus amigos, pelo acompanhamento e ajuda constante, quer durante o meu percurso académico, quer noutras alturas.

Agradecimentos

Ao longo desta caminhada foram surgindo obstáculos. Desta feita, quero declarar o meu profundo agradecimento a todas as pessoas que me ajudaram a superá-los.

Quero em primeiro lugar, expressar toda a minha gratidão aos meus pais e ao meu irmão, por todo o apoio, força e carinho prestado, tanto durante esta jornada como ao longo de toda a minha vida. Sem eles, nada disto teria sido possível.

Quero agradecer ao meu orientador, o Professor Doutor Alexandre Borges de Miranda, por toda a orientação e apoio demonstrado e por nunca ter desistido de mim, mesmo nas alturas mais complicadas. Gratulo ainda o meu co-orientador professor Arlindo Ferreira por toda a ajuda e conhecimento que me transmitiu durante o desenvolvimento desta dissertação.

Como não poderia deixar de ser, agradeço a todos os meus amigos de Engenharia Eletromecânica por todo o convívio e carinho demonstrado e pelos momentos partilhados ao longo do meu percurso. Um especial agradecimento aos meus grandes amigos Diogo Carrilho, Narciso Lopes, João Almeida, Daniel Parente, Rui Miranda e Luís Ferrão pela grande amizade, companheirismo e por todos os momentos de entreaajuda partilhados. Agradeço ainda aos meus restantes amigos, fora do curso, que de uma forma ou de outra, sempre me apoiaram e ajudaram ao longo desta jornada, bem como em outros momentos da minha vida, bons e menos bons.

A todos um sincero obrigado!

Resumo

Existem cada vez mais temas relacionados com os impactos ambientais e, para tal, é necessário colmatar os mesmos com o recurso à utilização das energias renováveis, tendo em conta que a sustentabilidade energética é uma preocupação em crescimento. Como tal, esta dissertação surge pela necessidade de analisar as necessidades de produção de frio relativas à conceção de vinho tinto e/ou branco, recorrendo à utilização de um subproduto gerado a partir da sua produção, chamado bagaço de uva (biomassa húmida) e a uma tecnologia ambientalmente correta denominada digestão anaeróbica. Com ela, reduz-se as emissões de GEE para a atmosfera e consegue-se converter este tipo de biomassa numa fonte viável de energia.

A produção de vinho tinto e branco envolve uma série de processos, em que o controlo rigoroso da temperatura é um dos parâmetros mais importantes a ter em conta. Consequentemente, as necessidades de refrigeração para cada uma das etapas são extremamente importantes, uma vez que temperaturas que não as adequadas podem comprometer todo o processo. A base desta dissertação foi o desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo para permitir determinar as necessidades de refrigeração ao longo de todas as etapas, durante a produção de vinho tinto e/ou branco. O bagaço de uva é um subproduto gerado a partir da fabricação de vinho e foi estudado nesta dissertação, uma vez que o propósito foi analisar a viabilidade da sua utilização para a produção de energia elétrica, através da digestão anaeróbica. Foi feita uma simulação na ferramenta de cálculo desenvolvida para uma indústria vitivinícola que utilize 1 000 toneladas de uvas para o fabrico de vinho tinto e outras 1 000 toneladas para vinho branco, através da utilização de bagaço de uva não moído na digestão anaeróbica. Pela utilização de uma planta de cogeração, com um motor de combustão interna que funciona em ciclo Otto e com uma eficiência de 33%, os resultados obtidos demonstram se consegue suprimir a compra de energia elétrica à rede em 25,18%, relativamente às necessidades refrigerativas totais durante a conceção de vinho tinto e branco, em simultâneo. Foi feita também uma análise respeitante à utilização de bagaço de uva moído, com o mesmo propósito, indicando ter um potencial energético mais elevado. Com ele, os resultados obtidos demonstram que para a mesma situação, uma indústria vitivinícola consegue atingir uma poupança de 74,91%.

Palavras-chave

Digestão anaeróbica; Bagaço de uva; Vinho tinto; Vinho branco; Necessidades de refrigeração.

Abstract

There are many issues pertaining to the environmental impacts and in order to tackle these types of problems, it is necessary to utilize renewable energies bearing in mind that energy sustainability is a growing concern. As such, this dissertation emerged from the need to analyze the cold production requirements related to the production of red and/or white wine via a by-product generated from its production called grape marc (humid biomass). This concept is an environmental friendly technology, called anaerobic digestion for being able to reduce GHG emissions to the atmosphere and can produce electricity by using this type of biomass.

The red and white wine production undergo a series of processes where a strict temperature control is one of the most important parameters to be taken into consideration. Consequently, the refrigeration requirements for each of the steps are extremely crucial since temperatures other than the appropriate ones outside each of the temperature range for each step may compromise the entire process. The basis of this dissertation was to develop a calculation tool to determine the refrigeration requirements throughout all of the stages during the production of red and/or white wine. Grape marc is a by-product generated from winemaking and was analyzed thoroughly in this dissertation. One of the purpose of this research was to analyze the feasibility of its use for electric energy production through anaerobic digestion. A simulation was carried out in the calculation tool developed for an industry that uses 1 000 tons of grapes for red wine production and another 1 000 tons for white wine using non-milled grape marc in the anaerobic digestion. Via the usage of a cogeneration plant with an internal combustion engine running on the Otto cycle with an efficiency of 33%, the results obtained showed that the consumption of electricity can be suppressed to the grid by 25,18% in relation to the total refrigeration requirements during the red and white wine production simultaneously. A study was also carried out on the use of milled grape marc for the same purpose indicating a higher energy potential. Therefore, the results obtained showed that for the same situation, a wine industry can achieve 74,91% of electricity savings.

Keywords

Anaerobic digestion; Grape marc; Red wine; White wine; Refrigeration requirements.

Índice

Dedicatória	iii	
Agradecimentos	v	
Resumo	vii	
Palavras-chave	vii	
Abstract	ix	
Keywords	ix	
Índice	xi	
Lista de Figuras	xiii	
Lista de Tabelas	xv	
Nomenclatura	xvii	
Lista de Acrónimos	xix	
Capítulo 1	Introdução..... 1	
1.1.	Enquadramento	1
1.2.	Objetivos e metodologia.....	1
1.3.	Estrutura do trabalho	2
Capítulo 2	Impactos Ambientais e Soluções: Análise à Digestão Anaeróbica	5
2.1.	Aquecimento global: implicação e redução dos problemas	5
2.1.1.	Energias renováveis no mundo	6
2.2.	Biomassa.....	6
2.2.1.	Mercado da bioenergia	7
2.2.2.	Panorama em Portugal	8
2.3.	Biogás	11
2.3.1.	Panorama do mercado.....	12
2.4.	Digestão Anaeróbica.....	14
2.4.1.	História	14
2.4.2.	Descrição e funcionalidades	15
2.4.3.	Tipos de digestores	17
2.4.4.	Fases do processo	17
2.4.5.	Temperaturas de operação	18
2.4.6.	Vantagens e desvantagens	19
2.4.7.	Utilização de bagaço de uva	20
Capítulo 3	Vitivinicultura	23
3.1.	Impacto ambiental na produção de vinho	23
3.2.	Produção de vinho em Portugal e no mundo	24

3.3.	Leveduras	27
3.4.	Processos durante o fabrico de vinhos tintos e brancos	28
3.4.1.	Colheita e receção das uvas na adega	29
3.4.2.	Composição de um cacho de uva	30
3.4.3.	Desengace e esmagamento	31
3.4.4.	Maceração a frio (pré-fermentativa)	32
3.4.5.	Fermentação alcoólica	34
3.4.6.	Prensagem	35
3.4.7.	1ª trasfega	36
3.4.8.	Fermentação malolática	37
3.4.9.	2ª trasfega	38
3.4.10.	Estabilização tartárica	38
3.4.11.	3ª trasfega	40
3.4.12.	Envelhecimento/Estágio	40
3.4.13.	Engarrafamento e armazenamento	41
Capítulo 4	Necessidades de Frio para a Produção de Vinho	43
4.1.	Emergir do propósito	43
4.2.	Ferramenta de cálculo	43
4.2.1.	Descrição	43
4.2.2.	Funcionamento	44
4.2.3.	Desenvolvimento	46
4.3.	Simulação da ferramenta de cálculo	59
4.3.1.	Teste e resultados obtidos	59
4.3.2.	Análise de resultados	67
Capítulo 5	Conclusão	73
5.1.	Desenvolvimentos futuros	75
Referências Bibliográficas		77

Lista de Figuras

Figura 2.1: Distribuição territorial em Portugal [13].	11
Figura 2.2: Evolução da produção de biogás na europa [18].	13
Figura 2.3: Distribuição dos diferentes processos para produção de biogás na europa, em 2015 [18].	13
Figura 2.4: Processo de digestão anaeróbica.	16
Figura 2.5: Digestor anaeróbico capaz de produzir cerca de 1,5 MW de energia [25].	16
Figura 2.6: Bagaço de uvas tintas [33].	22
Figura 3.1: Evolução da produção mundial de vinho na Europa [43].	25
Figura 3.2: Top dos países europeus na produção de vinho [44].	26
Figura 3.3: Caixas de transporte para os cachos de uva [51].	30
Figura 3.4: Cacho de uva compacto e corte de um bago de uva [52] [53].	31
Figura 3.5: Composição de um cacho de uva (adaptado de [53]).	31
Figura 3.6: Equipamento utilizado para o desengace e esmagamento das uvas [55].	32
Figura 3.7: Tanque de fermentação com a utilização das partes sólidas e líquidas de uvas tintas [54].	35
Figura 3.8: Prensa hidráulica [69].	36
Figura 3.9: Borrás no vinho causadas pela cristalização de bitartarato de potássio (não houve o processo de estabilização tartárica) [82].	40
Figura 3.10: Envelhecimento de vinho tinto em barricas de madeira [83].	41
Figura 3.11: Diagrama do processo de produção de vinhos tintos e brancos.	42
Figura 4.1: Página inicial.	46
Figura 4.2: Página relativa à quantificação das uvas para o processo de vinificação.	47
Figura 4.3: Página relativa à biomassa que se consegue obter.	48
Figura 4.4: Página estilo menu.	48
Figura 4.5: Página relativa às necessidades de refrigeração após a colheita.	49
Figura 4.6: Página relativa ao processo de maceração a frio (pré-fermentativa).	52
Figura 4.7: Página relativa ao processo de fermentação alcoólica.	54
Figura 4.8: Processo relativo à fermentação malolática.	55
Figura 4.9: Processo relativo à estabilização tartárica.	56
Figura 4.10: Página final relativa às necessidades de refrigeração para o processo de produção de vinho.	59
Figura 4.11: Simulação da ferramenta de cálculo: quantidade de uvas a vinificar.	60
Figura 4.12: Simulação da ferramenta de cálculo: biomassa que se consegue obter.	61

Figura 4.13: Simulação da ferramenta de cálculo: necessidades de refrigeração após a colheita.	61
Figura 4.14: Simulação da ferramenta de cálculo: processo de maceração a frio (pré-fermentativa).	63
Figura 4.15: Simulação da ferramenta de cálculo: processo de fermentação alcoólica.	64
Figura 4.16: Simulação da ferramenta de cálculo: processo de fermentação malolática. ...	65
Figura 4.17: Simulação da ferramenta de cálculo: processo de estabilização tartárica.	66
Figura 4.18: Simulação da ferramenta de cálculo: página final relativa às necessidades de refrigeração para o processo de produção de vinho.	67

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Capacidade instalada de fontes de energia renovável [13].	9
Tabela 2.2: Principais cultivos em Portugal em 2014 [13].	10
Tabela 2.3: Composição do biogás.	11
Tabela 2.4: Top 5 dos países europeus na produção de biogás (em toneladas) [17].	14
Tabela 3.1: Exportações por tipo de produto [43].	26
Tabela 3.2: Top dos países mundiais na produção de vinho [45].	27

Nomenclatura

\dot{Q}	Taxa de calor [KW]
\dot{m}	Fluxo de massa [Kg/s]
\dot{v}	Fluxo de volume [l/s]
c_p	Calor específico [KJ/Kg · K]
ΔT	Intervalo de temperatura [°C]
T_i	Temperatura inicial [°C]
T_f	Temperatura final [°C]
M_s	Massa de açúcar [kg açúcar/dia]
l_t	Quantidade de litros de sumo que uma tonelada de uvas produz [l]
ρ	Densidade [Kg/l]
$B_{m\acute{a}x}$	Taxa de graus balling a que o mosto fermenta por dia [°B/dia]
Q_f	Calor gerado durante a fermentação alcoólica [KW]
ΔH_f	Calor gerado na fermentação por kg de açúcar [KJ/Kg açúcar]
b	Bagaço de uva disponível para a digestão anaeróbica [Kg]
x	Quantidade de energia produzida [MJ]
y	Quantidade de biogás que se consegue obter [m ³]
z	Energia que se consegue obter [KW · h]
r	Energia necessária para satisfazer as necessidades totais de refrigeração [KW · h]
s	Eficiência da planta de cogeração [%]

Lista de Acrónimos

CO ₂	Dióxido de carbono
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
CH ₄	Metano
EBA	Associação Europeia do Biogás
OIV	Organização Internacional da Vinha e do Vinho
GEE	Gases de Efeito de Estufa

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo enceta pelo enquadramento desta dissertação, que está relacionada com as alterações climáticas e formas verdes de produção de energia para a indústria vitivinícola, tentando assim colmatar os gastos energéticos associados à conceção de vinho tintos e/ou branco. Serão explicados os objetivos intrínsecos e como ela se encontra organizada contextualmente.

1.1 Enquadramento

A evolução tecnológica está associada aos problemas ambientais que se têm vindo a sentir. A utilização de fontes de energia renovável, como por exemplo a energia do sol e a da biomassa, é a melhor forma para que a evolução tecnológica não seja vista como algo que destrua o meio ambiente. As energias renováveis têm um impacto muito importante no nosso planeta e têm sido cada vez mais utilizadas ao longo dos tempos, por poderem criar oportunidades atraentes para a economia, ligadas também à proteção ambiental, particularmente falando das alterações climáticas por ser um tema muito importante na atualidade e cada vez mais debatido a nível mundial. Existem inúmeros métodos para que se possam converter fontes renováveis em energia e cada um tem a sua devida tecnologia, benefícios e desafios associados. Uma fonte promissora que tem vindo a ganhar cada vez mais notoriedade e importante para o desenvolver deste trabalho é a utilização de biomassa, uma vez que é um tipo de energia renovável e pode-se consequentemente aproveitar os seus potenciais energéticos.

Esta dissertação surge pela necessidade de as indústrias vitivinícolas diminuírem a compra de energia elétrica à rede aquando da produção de vinhos tintos e/ou brancos. Aproveitado o subproduto gerado a partir da vinificação, chamado bagaço de uva (biomassa húmida), é possível produzir biogás pela utilização de uma tecnologia chamada digestão anaeróbica, uma vez que ela consegue converter biomassa que de outra forma seria desperdiçada, numa fonte de energia eficiente, promissora e ambientalmente correta.

1.2 Objetivos e metodologia

O presente trabalho tem como objetivo a análise do estudo das necessidades de refrigeração para a indústria vitivinícola, dado que a produção de vinho tinto e branco envolve diversas etapas que requerem o emprego de frio.

Primeiramente, será realizada uma análise respeitante aos problemas ambientais que se têm agravado ao longo dos tempos, devido ao uso excessivo dos combustíveis fósseis. Desta forma,

será avaliada a importância que as energias renováveis têm vindo a ganhar, em especial o uso de biomassa a nível europeu, no mercado da bioenergia, e a influência que o biogás tem para a produção de energia elétrica, pretendendo-se avaliar o seu potencial.

Posteriormente é tida como metodologia uma explicação do propósito da aplicação de uma tecnologia cada vez mais utilizada em todo o mundo, chamada de digestão anaeróbica, bem como os benefícios que esta pode trazer com a produção de biogás. O objetivo é utilizá-la, ao mesmo tempo que se valoriza o subproduto gerado na indústria de produção de vinhos, chamado bagaço de uva (biomassa húmida), aliado a uma forma limpa e eficiente de energia.

Será feita depois uma análise acerca da importância que a indústria vitivinícola tem a nível europeu, em termos económicos, em especial para Portugal, sendo também referidas as causas que os problemas ambientais podem gerar para a produção de vinho, à medida que a poluição ambiental se agrava. Surge então a necessidade de se recorrer a formas limpas para a geração de energia, durante todo o processo de produção de vinhos. Relativamente à produção de vinho tinto e branco, um importante objetivo de estudo passa pela análise das diversas fases inerentes ao processo, bem como uma avaliação das temperaturas a que o mosto do vinho deve ser mantido para cada uma delas. Isto é muito importante, uma vez que temperaturas que não as adequadas prejudicam fortemente todo o processo de produção de vinho.

Como objetivo principal para esta dissertação, é desenvolvida uma ferramenta de cálculo que permita determinar a energia total relativa às necessidades de refrigeração em todos os processos, para produzir uma certa quantidade de vinho. É também fundamental a quantificação do bagaço de uva, uma vez que a sua quantidade depende do total de uvas que se pretende vinificar. É tida então como finalidade, a produção de energia pelo emprego do bagaço de uva, recorrendo à digestão anaeróbica. Esta ferramenta de cálculo terá como dados de entrada (input) todas as variáveis do processo e como resultados (output), as necessidades de frio, por etapa e totais, durante toda a produção de vinho tinto e/ou branco. Posteriormente, pretende-se analisar a energia produzida com a biomassa que o produtor detém para depois se verificar se ela satisfaz as necessidades totais de refrigeração para o processo de vinificação ou se consegue suprimir de algum modo parte delas.

1.3 Estrutura do trabalho

Esta dissertação está organizada em 5 capítulos. De uma forma conjunta, os seguintes capítulos permitem uma explicação dos problemas ambientais que se têm vindo a agravar e uma avaliação de métodos para os combater, seguido por uma explanação da tecnologia proposta para a geração de energia elétrica de uma forma limpa e sustentável, a digestão anaeróbica, bem como o desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo que permita quantificar as necessidades de frio para a indústria vitivinícola. Será feita depois uma simulação e a respetiva análise.

O segundo capítulo começa pela análise das preocupações ambientais, onde é feito um estudo das razões que derivam ao aquecimento global. É sugerido o uso de energias renováveis, uma vez que o poder que elas têm em diminuir este tipo de problemas é notável, pelo emprego de recursos que possuem bons potenciais energéticos. Como justificação, é apresentado e sugerido o recurso à biomassa, que pode posteriormente ser convertida em biogás, como uma forma de energia verde. Será feita uma abordagem do mercado da bioenergia na Europa e explicado também o potencial que Portugal tem em utilizar energia proveniente da biomassa, demonstrando os benefícios que os resíduos agrícolas podem acarretar na produção de energia elétrica. Com uma relevância maior, este capítulo incide também na utilização de uma tecnologia chamada digestão anaeróbica que se enquadra na tentativa da redução dos problemas ambientais, conseguindo converter biomassa em biogás, um gás com bons valores energéticos. É tido como propósito a respetiva descrição e funcionalidade, sendo também apresentados vários tipos de digestores anaeróbicos, consoante o tamanho. Pretende-se ainda explicar as diversas fases constituintes inerentes a esta tecnologia, bem como as temperaturas de operação. Como é normal, todas as tecnologias têm as suas vantagens e desvantagens e esta não é exceção, sendo também apresentadas. No final do capítulo é sugerido o uso de bagaço de uva para a produção de energia através da digestão anaeróbica, um subproduto proveniente do fabrico de vinhos, onde é também demonstrado o seu potencial.

No terceiro capítulo é introduzida a indústria vitivinícola. Este capítulo trata sobre todos os processos e etapas que a produção de vinhos inclui. Em primeiro lugar, é feita uma análise da importância que os vinhos têm para a economia portuguesa, sendo depois explicadas todas as fases constituintes no processo de produção de vinho, onde estão implícitas as necessidades de refrigeração, por ser a parte mais relevante desta dissertação. Assim, o controlo da temperatura tem um enorme impacto na qualidade do produto final. O objetivo passa então pelo aproveitamento do subproduto gerado durante a produção de vinhos, o bagaço de uva, e utilizá-lo para produzir energia, refrigerando assim o mosto do vinho tinto e branco para o manter dentro das gamas de temperaturas adequadas em cada uma das etapas.

No quarto capítulo está o culminar desta dissertação. É feita uma análise de como colmatar os problemas relativos às necessidades energéticas nas indústrias vitivinícolas, pelo desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo que as permita calcular consoante a quantidade de uvas que se pretende vinificar, uma vez que a quantidade de bagaço de uva obtido depende da quantidade de uvas utilizadas no processo. Neste mesmo capítulo é ainda utilizada a ferramenta de cálculo desenvolvida como objetivo de teste, aplicando-a a um caso específico, para saber se um determinado produtor com a quantidade de uvas que pretende vinificar consegue obter energia necessária a partir do bagaço de uva (biomassa húmida) para satisfazer as necessidades de frio durante o processo de produção de vinho. São então demonstrados os resultados obtidos e feita a respetiva análise.

No quinto e último capítulo, são feitas as conclusões desta dissertação e também propostos trabalhos futuros interessantes relacionados com este tema, que poderão ser desenvolvidos.

Capítulo 2

Impactos Ambientais e Soluções: Análise à Digestão Anaeróbica

Neste capítulo serão referidos os vários tipos de problemas ambientais que se têm vindo a sentir com o passar dos tempos, conjuntamente com o impacto que eles têm e os perigos que representam para o planeta. É sugerido então o uso de energias renováveis, em especial de biomassa, por forma a colmatar este tipo de problemas. Será também feita uma análise de como as energias renováveis e o uso do biogás têm vindo a penetrar no mercado europeu. Como principal fonte de estudo neste capítulo, é introduzida uma tecnologia chamada digestão anaeróbica que consegue converter biomassa em biogás. O seu objetivo é produzir energia ao mesmo tempo que está aliada à diminuição problemas ambientais.

2.1. Aquecimento global: implicação e redução dos problemas

O aquecimento global é definido como sendo o aumento da temperatura média do planeta, englobando o seu aumento no oceano e atmosfera.

A causa primária do aquecimento global é o chamado efeito de estufa, maioritariamente causado pela queima de combustíveis fósseis. A concentração de CO₂ e de metano aumentaram em 36% e 148%, respetivamente, desde o ano de 1750 até ao ano de 2007, apresentando-se num valor maior do que nos últimos 650 mil anos [1].

Segundo a NASA, a temperatura média do planeta subiu cerca de um pouco mais que 1° Celcius durante o último século, devido maioritariamente à poluição que o ser humano tem vindo a emitir, aumentando em larga escala as emissões de dióxido de carbono para a atmosfera e outro tipo de emissões prejudiciais. As tendências para o aquecimento global tendem a ser cada vez maiores na região ártica, onde o ano de 2017 viu uma crescente perda de gelo no mar [2].

O CO₂ emitido até à data pelo homem tem impactos incrivelmente longos na atmosfera. Segundo os dados observados, estima-se que até 2100 o aquecimento do planeta seja de 1,3°C. A menos que se comece a reduzir as emissões de CO₂, haverá um risco de a temperatura aumentar 1,5°C ou mesmo 2°C. Os dados aqui revelados são então uma confirmação do quão perigosa é a situação que o ser humano enfrenta [3].

O CO₂ é atualmente responsável por mais de 60% do efeito de estufa, com o metano a contribuir em 20% e com a contribuição dos restantes 20% devido às emissões de óxido nitroso (N₂O) e

gases industriais. Desde a revolução industrial, as emissões da combustão de combustíveis fósseis aumentou de 0 para 26,6 gigatoneladas (GT) de CO₂ anualmente [4].

Com o contínuo aumento destes problemas, estima-se que até ao ano de 2030 as emissões de CO₂ atinjam um valor de 40,4 GT [5].

Assim, a utilização de tecnologias limpas com a utilização de fontes renováveis para a produção de energia é cada vez mais imperativa, uma vez que as aplicações das mesmas minimizam em muito a emissão de gases nocivos para a atmosfera, prevenindo a degradação ambiental. Outro fator importante para o uso destas, tem haver com a inesgotabilidade. Comparando com outro tipo de energias convencionais, como o gás, óleo, carvão, entre outras, este tipo de energia não compromete o futuro de gerações e são inesgotáveis.

2.1.1. Energias Renováveis no mundo

Políticas industriais de combate às emissões de CO₂ para a atmosfera têm vindo cada vez mais a ser definidas, principalmente por países e áreas como a União Europeia, China e Coreia do Sul. O objetivo passa basicamente por acelerar o desenvolvimento e a implantação de alternativas com baixas emissões de carbono. O investimento global em projetos de energias renováveis aumentou de forma significativa, chegando ao valor de 242 bilhões de dólares americanos em 2016, sendo apoiado por diversas políticas de promoção ao uso de energias renováveis implementadas em todo o mundo [6].

Durante o período entre 2016 e 2017, a capacidade total de energias renováveis duplicou em todo o mundo, enquanto que a capacidade eólica quadruplicou e a capacidade solar fotovoltaica atingiu uma taxa de crescimento superior a 3000%. No total, as energias renováveis aumentaram em mais de duas vezes relativamente à taxa do aumento da demanda global de energia [6].

2.2. Biomassa

Uma série de novas energias limpas têm vindo a ser cada vez mais implementadas, como a eólica, a solar e a energia da biomassa, com uma maior relevância para esta dissertação. Atualmente, a utilização da biomassa contribui em cerca de 10% do uso mundial de energia e vários países têm vindo a estabelecer metas para uma maior utilização da mesma. Ela é um dos mais importantes fatores para a proteção ambiental no século XXI [4].

Entende-se por biomassa todo o tipo de matéria orgânica que seja capaz de ser transformada para a produção de energia. Ela é considerada um tipo de energia renovável por nunca se esgotar. É possível plantar árvores e cultivar sempre que necessário, por exemplo. A biomassa pode ser qualquer tipo de matéria orgânica, como por exemplo madeira, resíduos animais, material proveniente do cultivo, desperdícios alimentares entre outros.

Um dos produtos derivados da biomassa e com interesse relevante para esta dissertação é o biogás, como será explicado mais à frente. O aproveitamento da biomassa pode ser feito por combustão direta, por processos termoquímicos ou por processos biológicos. Nesta dissertação irá ser utilizado um processo biológico para o aproveitamento da biomassa, a digestão anaeróbica (para a produção de biogás), sendo esta tecnologia explicada mais à frente, neste capítulo. Tem existido cada vez mais um crescente interesse relativo à utilização de biomassa como forma de produção de energia, uma vez que esta atende às necessidades energéticas por conseguir fornecer energia de diversas formas, que pode permitir uma redução da pobreza em países pouco desenvolvidos.

A biomassa é utilizada para servir a diferentes necessidades energéticas, sendo que as mais importantes fontes de energia renovável são provenientes de madeira e desperdícios de madeira, resíduos animais, culturas agrícolas e desperdícios associados e ainda resíduos de processamento de alimentos, plantas e algas. A maioria provém da madeira e dos seus resíduos e dos resíduos agrícolas [8].

Relativamente aos resíduos agrícolas, eles são basicamente desperdícios provenientes da agricultura, como por exemplo o bagaço de uva, casca de arroz e de coco, entre outros [4]. Muitos países em desenvolvimento têm uma grande quantidade e diversidade de resíduos agrícolas, podendo ser aproveitados os seus potenciais energéticos, aliados à produção de energia de uma forma limpa.

2.2.1. Mercado da bioenergia

Têm sido feitos alguns esforços para avançar cada vez mais com o mercado da bioenergia, de modo a proteger a situação em que o nosso planeta se encontra atualmente. A União Europeia estabeleceu o ambicioso objetivo de construir uma economia competitiva de baixas emissões em carbono até ao ano de 2050, por forma a reduzir as emissões de GEE em 80% [9]. A quota de energia renovável poderá atingir de 55% a 75% do consumo final de energia na União Europeia até esse mesmo ano [10].

A utilização de energias renováveis tem vindo a crescer mundialmente, fornecendo 19,2% do consumo final global de energia, no ano de 2014. O uso tradicional de biomassa, principalmente para cozinhar e aquecer tem uma importante contribuição, respondendo em cerca de 9% da média global do consumo de energia. O uso moderno da biomassa tem vindo a aumentar de uma forma rápida [11]. A bioenergia manterá provavelmente um papel importante na União Europeia, como sendo uma fonte de energia renovável que poderá atingir uma quota superior a 60 pontos percentuais nas energias renováveis até ao ano de 2020. No geral, a participação da bioenergia no consumo final de energia teve uma contribuição de 5% em 2005, 8,5% em 2012 e é projetada para aumentar para quase 12%, em 2020 [10].

2.2.2. Panorama em Portugal

A utilização da biomassa está cada vez a crescer mais a nível nacional. Portugal tem um elevado potencial para o aproveitamento e utilização de biomassa na produção de energia. O país contém biomassa em abundância e é necessário que se tome proveito do seu potencial energético. Ao longo dos anos, o país tem vindo cada vez mais a apostar na produção de energia através do uso de biomassa. Entre 2006 e 2015, o principal objetivo era instalar cerca de 22 novas centrais para a produção de energia de única e exclusivamente biomassa proveniente das florestas. Contudo, algumas centrais não puderam ser construídas, quer devido a localizações de fraca qualidade, quer devido a termos monetários [12]. À parte da energia proveniente de biomassa florestal, Portugal pode também aproveitar a produção de energia através de outros tipos de biomassa, como por exemplo de resíduos agrícolas, mais concretamente dos resíduos provenientes da vinificação, sendo útil para que algumas indústrias consigam suprimir algum do consumo de energia elétrica da rede, para diminuir assim os seus encargos económicos.

O objetivo de Portugal para o ano de 2020 é aumentar a utilização de energias renováveis em 31%, sendo que em 2005 era de 20,5%. Para além disto, pretende diminuir também a dependência das importações de energia e do recurso a combustíveis fósseis [13], uma vez que a causa das emissões dos GEE deriva maioritariamente do setor energético, mais concretamente da combustão de combustíveis fósseis. Desta forma, as vantagens do uso de biomassa e outras formas de energias renováveis alternativas aos combustíveis fósseis têm vindo a ser cada vez mais importantes, havendo cada vez mais uma tentativa de penetração delas no mercado energético do país.

Em Portugal, o setor agrícola como também outros setores têm atraído atenção para a União Europeia para a geração de energia verde. Numa conferência do Parlamento Europeu sobre o futuro da Política Agrícola Comum, após o ano de 2013, acredita-se que devido ao fato dos avanços tecnológicos e, de cada vez mais conhecimento por parte dos agricultores, eles estão cada vez mais aliados em contribuir para o crescimento de energia limpa com a utilização de biomassa e de outras formas de energia limpa, sendo também proveitoso para a criação de novos empregos verdes [13].

Dando ênfase à biomassa e de acordo com a tabela 2.1, é de notar que esta é a terceira maior fonte renovável em termos de capacidade instalada. Isto tem vindo a acontecer devido à estratégia que Portugal adotou em 2006, atribuindo 100 MW para a produção de eletricidade a partir de biomassa florestal (distribuída por 15 centrais) e mais 150 MW atribuídos a outro tipo de projetos [13].

Tabela 2.1: Capacidade instalada de fontes de energia renovável [13].

Capacidade instalada (MW)									
Ano	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hidro	4855	4857	4884	4898	5332	5539	5535	5571	6024
Vento	2464	3058	3564	3914	4378	4531	4731	4953	5033
Biomassa	348	350	408	592	575	564	564	539	566
RSU	86	86	86	86	86	86	86	86	86
Biogás	15	16	24	34	51	62	68	81	83
Geotérmica	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Fotovoltaica	15	62	110	134	175	244	299	418	455

Em termos de resíduos agrícolas, eles provêm essencialmente de subprodutos da produção agrícola e da indústria agroalimentar, como por exemplo da produção de vinho, azeite, frutos secos e cereais. O restante do bagaço resultante da extração do azeite, o bagaço de uva proveniente da vinificação, os resíduos sólidos gerados durante a poda das oliveiras e das vinhas e as cascas dos frutos secos, são apenas alguns dos exemplos deste tipo de biomassa. Alguns destes subprodutos são já utilizados para a geração de calor, a partir da combustão direta [13].

Os dados da tabela 2.2 permitem avaliar o potencial de diversas áreas da produção agrícola, por tipos de cultura. Pode-se concluir que em termos de produção, as maiores culturas produzidas são as forrageiras (ervas para os animais comerem) e os cereais. Em termos de área agrícola, as principais são a azeitona, seguida pelos grãos de cereais. A indústria vitivinícola, as vinhas, são a única importante para o desenvolvimento desta dissertação e apesar de não ser das maiores encontra-se no top 5, querendo isto dizer que se pode aproveitar muito deste tipo de biomassa para a geração de energia [13].

Tabela 2.2: Principais cultivos em Portugal em 2014 [13].

Espécies	Área (ha)	Produção (toneladas)
Cereal	301915	1333256
Legumes leguminosos secos	4040	2333
Batata	27214	539872
Culturas para a indústria	33230	1340361
Vegetais frescos	36667	988650
Culturas forrageiras	233747	6197582
Frutas frescas	43293	574936
Frutos silvestres	1385	6934
Frutas tropicais	3340	43464
Frutas cítricas	19804	304016
Nozes	67561	31982
Vinhas	178986	818871
Olival	352350	455374

Numa análise percentual, a figura 2.1 analisa a distribuição em termos territoriais em Portugal. Como pode ser visto, as florestas são as que detêm maior área, sendo cada vez mais utilizada biomassa proveniente delas para a produção de energia. Contudo, e com uma maior relevância neste trabalho, está a agricultura, representando cerca de 24% da área. É então visível a capacidade que Portugal tem em introduzir cada vez mais a produção de energia a partir de resíduos agrícolas no mercado nacional.

Em termos de área agrícola, no ano de 2010, Portugal possuía cerca de 2,114 Mha. A biomassa proveniente da agricultura no país, provém principalmente de fabricação de vinho, azeite, cereais e de fruta seca [13].

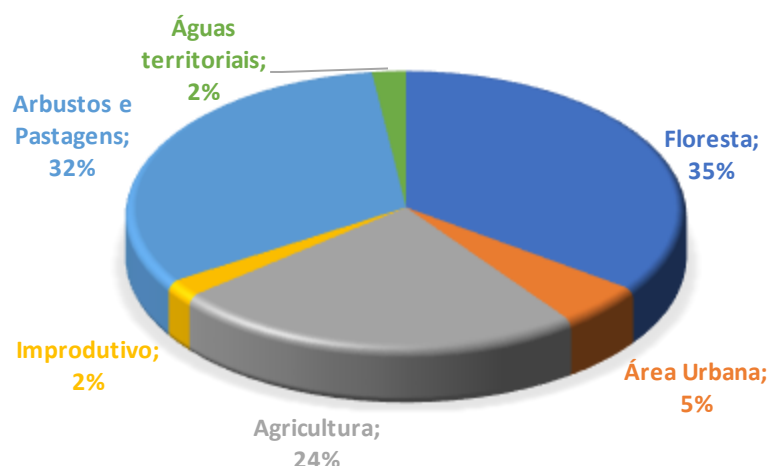


Figura 2.1: Distribuição territorial em Portugal [13].

Apesar do instável clima económico em Portugal, o país tem vindo a reformular as suas políticas energéticas. Estas políticas permitem oferecer um maior fornecimento de energias renováveis, gerando uma maior atividade económica no setor. As novas estratégias passam pela existência de uma maior competitividade no setor e também pela promoção da sustentabilidade económica e ambiental [14].

2.3. Biogás

O biogás é uma solução gasosa utilizada para produzir energia que se pode obter a partir da digestão anaeróbica, uma tecnologia que será explicada a seguir. As percentagens de composição do biogás dependem de acordo com o tipo de biomassa. Relativamente a desperdícios orgânicos, o biogás é composto entre 60% a 70% por metano, entre 30% a 40% por dióxido de carbono e menos de 1% por nitrogénio [15]. Quanto maior for a quantidade de metano, maior poder calorífico terá o biogás [16]. Ele pode ser utilizado num mercado diverso, como para a produção de eletricidade, de calor ou mesmo para a produção de combustíveis de transportes.

Tabela 2.3: Composição do biogás.

Biogás	
Metano	60% - 70%
Dióxido de carbono	30% - 40%
Nitrogénio	<1%

O biogás é ainda uma forma de energia um pouco incomum nos países em desenvolvimento. Em países desenvolvidos, a produção de eletricidade a partir do biogás tornou-se uma tecnologia mais usual.

Apesar do biogás já trazer grandes vantagens no século XIX, foi no século XX que ele tomou um interesse maior, com a introdução da digestão anaeróbica a aumentar o seu valor económico. Para o efeito, os organismos europeus têm vindo a implementar novos programas de pesquisa para apoiar esta alternativa de combustíveis do futuro baseado em recursos renováveis. Deste modo, a implementação de tecnologias que produzem biogás, como é o caso da digestão anaeróbica, têm sido amplamente utilizadas na Europa já há várias décadas, mostrando assim um crescente crescimento na produção do mesmo [17].

O potencial do biogás é grande o suficiente para fornecer uma parcela substancial da demanda futura de gás. Estimativas demonstram que o biogás poderá cobrir cerca de 6% da oferta global de energia primária ou um quarto do consumo atual de gás (gás metano fóssil) [16]. Os países devem tentar apostar neste método de produção de energia, uma vez que trará grandes vantagens, tais como uma melhoria dos problemas ambientais e na criação de novas oportunidades de emprego, melhorando desta forma o setor energético de cada país.

2.3.1. Mercado do biogás

O volume de biogás na União Europeia aumentou de 2,5 bilhões m³ para 18 bilhões m³, desde o ano 2000 até 2015, representando metade do total mundial da produção de biogás. A eletricidade gerada a partir do biogás tem uma participação de cerca de 20% na produção total de bioenergia e 4% na geração de calor, a nível mundial. A União Europeia é o principal líder na produção de eletricidade a partir do biogás. Assim, a capacidade global instalada de biogás alcançou os 15 GW em 2015, com 10,4 GW na Europa, 2,4 GW na América do Norte, 711 MW na Ásia, 147 MW na América do Sul e 33 MW em África [18].

Dentro da Europa, indústrias de produção de biogás bem desenvolvidas podem ser encontradas em países como por exemplo Alemanha, Dinamarca e Itália. Nestes países o sector agrícola é bastante forte e apoiam a produção de biogás com a utilização de biomassa provenientes do mesmo. Em países como Portugal, o sector do biogás encontra-se ainda em desenvolvimento devido ao grande potencial identificado para a utilização de biomassa.

Para alcançar as metas da União Europeia relativamente às energias renováveis até 2020 e cumprir a diretiva europeia dos requisitos da gestão de resíduos, a digestão anaeróbica é uma das principais tecnologias. A produção de biogás tem apresentado um crescimento significativo nos últimos anos na Europa, impulsionado principalmente pelos regimes de apoio favoráveis em vários estado-membros da União Europeia. Estima-se que através do uso da tecnologia da digestão anaeróbica, 13,24 milhões de toneladas de emissões de CH₄ sejam evitadas em todo o mundo, por ano [16].

Através da figura 2.2, é notável que com o passar dos anos, a maior contribuição na produção de biogás é proveniente de equipamentos de digestão anaeróbica. A maioria do biogás na União

Europeia é utilizado como combustível para a produção de eletricidade, visando melhorar a economia das fábricas que utilizam este processo, em termos de encargos económicos.

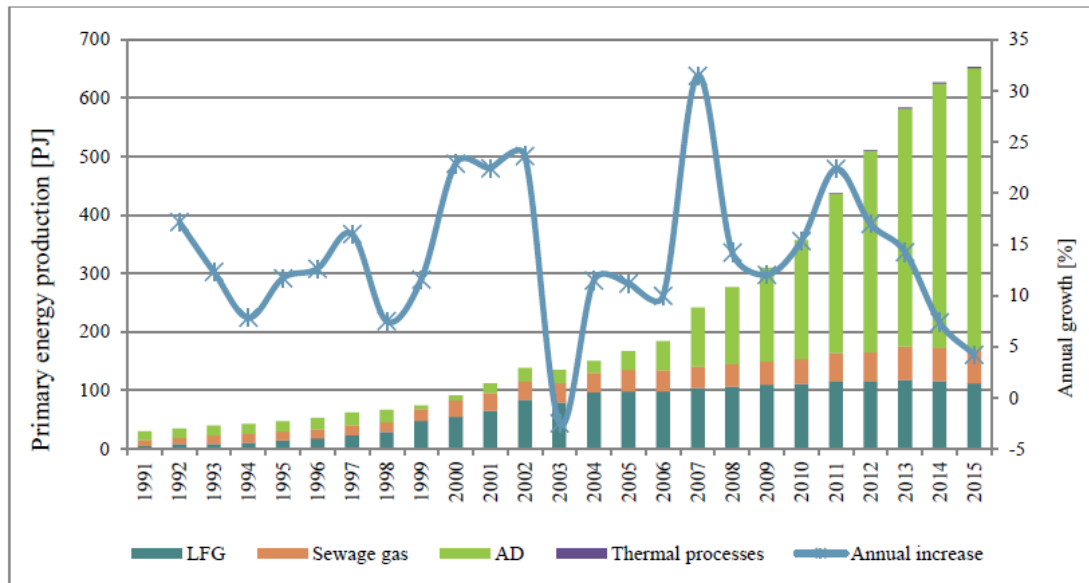


Figura 2.2: Evolução da produção de biogás na Europa [18].

A figura 2.3 mostra diferenças significativas nos tipos de produção de biogás entre os vários países europeus. Consta-se que na maior parte dos países europeus, o biogás é produzido principalmente a partir da digestão anaeróbica, utilizando como biomassa resíduos agrícolas e desperdícios animais [18].

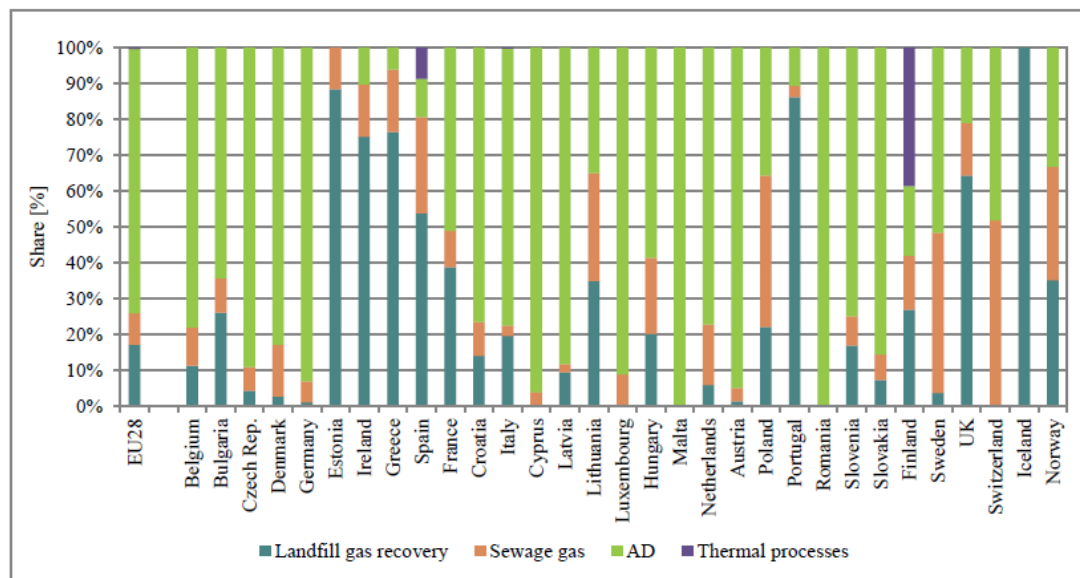


Figura 2.3: Distribuição dos diferentes processos para produção de biogás na Europa, em 2015 [18].

Tem vindo cada vez mais a haver um esforço significativo na Europa para o incentivo da industrialização de atividades que utilizem biomassa como produto, havendo ajustes nos preços

do tratamento da biomassa e encorajamentos para novas pesquisas e programas de desenvolvimento [7].

De acordo com a EBA, a Alemanha é o principal produtor de biogás da Europa com mais de 8 000 digestores anaeróbicos em funcionamento. Na tabela 2.4 estão expostos os 5 países que produzem mais biogás na Europa [17].

Tabela 2.4: Top 5 dos países europeus na produção de biogás (em toneladas) [17].

Países	2006	2009	2013
Alemanha	1665	3675	6716
Reino Unido	1498	1637	1824
França	298	453	465
Itália	383	410	1815
Holanda	141	248	302

2.4. Digestão Anaeróbica

Em seguida será estudada uma tecnologia chamada digestão anaeróbica. Aliada à redução dos problemas ambientais, o seu propósito incide na conversão de biomassa em energia (produção de biogás), pretendendo-se avaliar os seus benefícios. Como o objetivo desta dissertação é a utilização de bagaço de uva para a produção de energia, será tido em conta tanto os benefícios como o potencial energético que este pode trazer.

2.4.1. História

Quanto nos referimos a digestão anaeróbica, voltamos ao passado e falamos de um homem chamado Jan Baptista Van Helmont, que no século XVII conseguiu provar que da matéria orgânica em decomposição surgiam gases inflamáveis. Alessandro Volta, físico italiano que inventou a primeira bateria elétrica entra também nesta matéria, uma vez que foi ele que concluiu, em 1776, que existia uma correlação direta entre a quantidade de matéria orgânica e a quantidade de gás produzido. Um dos tipos de matéria orgânica mais comum quando falamos em digestão anaeróbica, são os fertilizantes naturais dos animais. Foi um senhor chamado Humphry Davy que descobriu que o metano estava presente nos gases produzidos quando feita a digestão anaeróbica da matéria orgânica descrita acima, entre 1804 e 1808. Em 1868, um senhor chamado Bechamp, afirmou que a formação de metano durante a decomposição de matéria orgânica se devia a um processo microbiológico [19].

Depois de todas as pesquisas feitas, a primeira central de digestão anaeróbica foi então construída em Bombaim, na Índia, no ano de 1897 e utilizava desperdícios humanos de resíduos de esgotos para produzir biogás. Contudo, só no ano de 1907 é que foi patenteado o primeiro

digestor anaeróbico, por Karl Imhof. Este sistema foi projetado para ser utilizado com resíduos de esgotos [19].

Os países que levaram mais “a sério” este tipo de tecnologia foram a Índia e a China, sendo os desenvolvedores da maior quantidade de digestores anaeróbicos relativamente ao resto do mundo. Estima-se que no início dos anos 70 a China teria já cerca de 6 milhões de digestores anaeróbicos espalhados pelo país. Por forma a melhorar a energia no país, o governo Chinês tem vindo a estabelecer leis para promover e incentivar o desenvolvimento de fontes de energia renovável [20].

Nas últimas décadas tem-se vindo a analisar mais afincadamente diversas maneiras de se produzir combustível valioso em forma de biogás, a partir de resíduos, principalmente na Europa. A digestão anaeróbica tem vindo então a ser cada vez mais popular, onde existem algumas instalações em funcionamento já há muitos anos.

2.4.2. Descrição e funcionalidades

A digestão anaeróbica é um processo bioquímico que envolve reações de origem biológica, no qual micro-organismos degradam matéria orgânica dentro do digestor, com a ausência de oxigénio. A finalidade é transformar resíduos complexos num gás simples de grande valorização energética, chamado biogás. É considerado um processo algo complexo pela quantidade de micro-organismos e reações químicas envolventes, sendo que são eles que levam a produção de metano a cabo [21]. Os micro-organismos que participam em cada fase são específicos, ou seja, existem diferentes populações de micro-organismos que atuam nas diversas fases [22]. Este processo tem como principal objetivo a produção de metano, por conseguir converter biomassa desperdiçada numa fonte viável e estável de energia, sendo atualmente uma tecnologia amplamente utilizada em todo o mundo e com boas perspetivas futuras. É importante dar a conhecer este tipo de tecnologia pelos benefícios que pode trazer ao meio ambiente e à economia dos países. A digestão anaeróbica é um processo que obtém como produtos finais biogás, como referido anteriormente, composto principalmente por metano e dióxido de carbono e também um resíduo sólido chamado de digerido, semelhante à matéria orgânica utilizada no processo. Este resíduo sólido pode ser posteriormente utilizado como fertilizante.

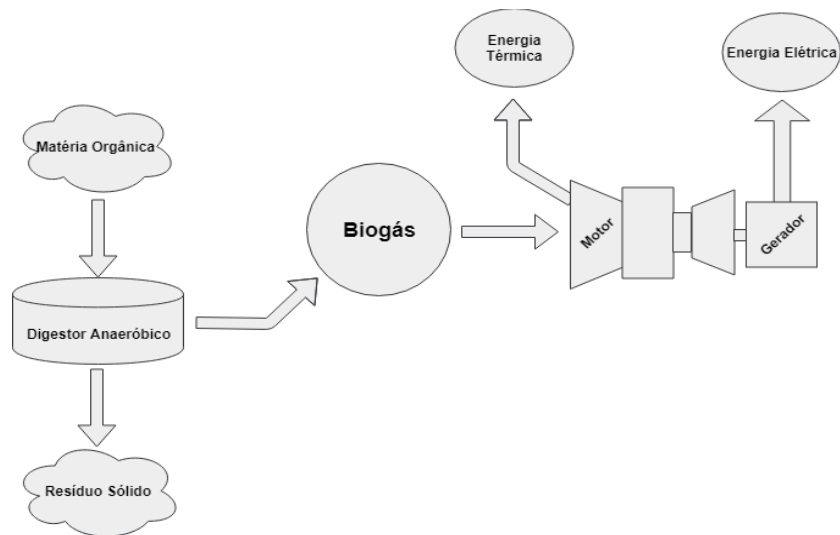


Figura 2.4: Processo de digestão anaeróbica.

Há uma mentalidade cada vez mais crescente ao longo das últimas décadas em que se acredita que a digestão anaeróbica é um processo onde a produção de biogás pode ter um impacto enorme na produção de energia [23]. A utilização da digestão anaeróbica é considerada uma das tecnologias mais promissoras de produção de energia renovável relativamente aos combustíveis fósseis por remeter a uma tecnologia atraente e limpa na produção de energia [24].

Como visto na figura 2.4, para a produção de energia a partir da utilização da digestão anaeróbica é comumente utilizado um motor e gerador, para que se consiga depois converter a chamada capacidade calórica do biogás em energia mecânica e, depois, em energia elétrica. Com a produção de biogás é possível a existência de cogeração ou trigeração: produção de calor a partir do motor, produção de energia elétrica através do gerador e ainda produção de frio recorrendo à utilização de um chiller (equipamento eletromecânico que proporciona refrigeração) através da energia térmica gerada.



Figura 2.5: Digestor anaeróbico capaz de produzir cerca de 1,5 MW de energia [25].

2.4.3. Tipos de digestores

Quando se fala em projetar um digestor anaeróbico vários tamanhos terão de ser tomados em conta, consoante o pretendido. Relativamente a pequenos digestores, eles são usados comumente em casas familiares para produzir gás para cozinhar. Digestores de tamanho médio costumam ser usados em herdades para produzir eletricidade e calor e digestores de grandes dimensões são usados, por exemplo, para a digestão de resíduos, sejam eles provenientes de esgotos, da indústria ou até de produtos alimentares para produzir eletricidade numa escala maior [16]. Assim, os digestores podem-se classificar das 3 seguintes formas [13]:

- digestores horizontais - têm um volume entre 50 e 150 m³ e são adequados para instalações de menores dimensões;
- digestores agrícolas verticais - têm um volume entre 500 e 1 500 m³ e são equipados com um sistema de aquecimento e agitadores externos para mistura. A sua capacidade de tratamento vai até 10 000 m³ por ano;
- grandes digestores verticais - têm um volume entre 1 000 e 5 000 m³ e são equipados com um misturador montado no teto do equipamento. Estes digestores funcionam em operação contínua. O substrato de entrada é pré-aquecido. A capacidade de tratamento vai até 90 000 m³ por ano.

Um digestor anaeróbico (ou biodigestor) é então um equipamento que consegue converter biomassa em biogás através do processamento da matéria orgânica em que o seu objetivo é produzir o máximo volume possível de biogás (quanto mais metano melhor). Estima-se que, numa situação normal de funcionamento, os digestores anaeróbicos conseguem proporcionar uma redução de entre 60% a 80% da biomassa [22].

2.4.4. Fases do processo

A digestão anaeróbica é um processo que envolve uma grande variedade de microrganismos, desde o início até ao fim de todo o processo, existindo alguns passos para a degradação da biomassa. Os microrganismos são muito importantes, uma vez que são eles que levam à produção de metano. Cada fase é composta por um grupo específico de micro-organismos, sendo elas a hidrólise, a acidogénese a acetogénese e a metanogénese, e no geral elas operam em sinergia. A seguir é explicado qual o objetivo que cada uma fase tem em todo o processo [22].

Na primeira fase, a hidrólise, existe uma decomposição de compostos orgânicos complexos em compostos orgânicos simples, pela formação de bactérias hidrolíticas. Proteínas, lípidos e carboidratos são então transformados em aminoácidos, açúcares, glicerol e ácidos graxos. Esta transformação ocorre devido às bactérias que atuam no processo quebrarem este tipo de ligações moleculares complexas.

Na segunda fase, a acidogénese, os produtos resultantes na hidrólise são novamente transformados por bactérias acidogénicas, sendo convertidos em ácido acético, dióxido de carbono, ácidos graxos e álcoois. As bactérias acidogénicas representam cerca de 90% da população bacteriana total presente nos digestores anaeróbicos, contudo o número de bactérias acidogénicas envolvidas no processo depende muito do tipo e composição da matéria orgânica utilizada nos digestores anaeróbicos.

Na terceira fase, a acetogénese, existe uma oxidação dos produtos gerados na fase anterior, onde os ácidos graxos são convertidos em ácido acético. Há também a libertação de hidrogénio e óxido de carbono. Caso exista um excesso de hidrogénio produzido, o processo pode ser inibido. Deste modo, terá de haver uma remoção deste excesso de hidrogénio pelas bactérias metanogénicas, na quarta fase do processo.

A quarta fase, a metanogénese, é a última fase do processo de digestão anaeróbica e também a mais importante, uma vez que é onde existe a produção de metano. São novamente modificados os produtos obtidos anteriormente devido às chamadas bactérias metanogénicas. Esta etapa pode ser subdividida em duas partes: na primeira existe a conversão de ácido acético em metano e a outra é a responsável pela conversão de hidrogénio e dióxido de carbono, também em metano. A metanogénese é fundamental para que a acetogénese não seja inibida como explicado na fase anterior, comprometendo todo o processo, pois a remoção de hidrogénio é essencial para as que as bactérias nesta fase permaneçam em atividade e produzam metano. Os micro-organismos envolventes neste processo constituem a etapa mais lenta em todo o processo de degradação da biomassa.

2.4.5. Temperaturas de operação

A matéria orgânica é colocada dentro de um digestor anaeróbico. Para este processo ocorrer poderão ser utilizados diversíssimos materiais biodegradáveis, tais como resíduos alimentares, lodo dos esgotos, gorduras e óleos, resíduos alimentares, entre outros. Devido à ausência de oxigénio dentro da câmara, a matéria orgânica conhecida como biomassa é então aquecida dentro de uma gama de temperaturas que varia entre os 35°C e os 40.5°C (intervalo com melhor desempenho) [26], sendo decomposta por micro-organismos e bactérias, devido às condições a que se encontra sujeita dentro dela.

O parâmetro mais importante durante o processo de digestão anaeróbica é a temperatura, uma vez que os micro-organismos funcionam de forma otimizada dentro de uma gama de temperatura. Alguns graus a mais ou a menos fora desta gama podem ter um impacto devastador na produção de biogás, minimizando em muito a capacidade de produção de metano. Normalmente, os operadores do equipamento escolhem a gama de temperaturas consoante o tipo de bactérias que pretendem utilizar. Costumam ser utilizados um dos dois tipos de bactérias: mesófilas ou termófilas [26]. Uma bactéria mesófila apresenta um melhor desempenho na digestão da biomassa com temperaturas entre 35°C e 37°C. Uma bactéria

termófila é um microrganismo que apresenta um melhor desempenho com temperaturas entre 52°C a 57°C [26]. Tanto as bactérias mesófilas como as termófilas trazem vantagens e desvantagens a todo o processo. As termófilas permitem uma digestão mais completa e eficiente da matéria orgânica uma vez que são utilizadas temperaturas de operação mais elevadas, sendo mais eficientes na produção de metano e reduzem o número de agentes patogénicos (microrganismos que causam doenças infecciosas caso libertados para o exterior), contudo são mais sensíveis a mudanças de temperaturas, comprometendo o processo de digestão anaeróbica pela rutura da produção de metano e diminuição das bactérias termófilas [26]. Os equipamentos que operam dentro deste grupo requerem também custos maiores de manutenção, tendo requisitos de energia superiores para o aquecimento, uma vez que operam com temperaturas maiores havendo ainda uma maior probabilidade de formação de odores durante a sua operação. As bactérias mesófilas são muito mais estáveis no que diz respeito a desvios de temperaturas, no entanto elas não conseguem digerir tão eficientemente a biomassa quanto as bactérias termófilas. Para além disso, a faixa de temperaturas a que estas bactérias operam não são altas o suficiente para eliminar todos os patogénicos nocivos [26].

Na generalidade, a digestão anaeróbica é realizada a temperaturas mesófilas, uma vez que é uma das faixas mais estáveis e requer também menos gastos energéticos. Foi dito que a melhor temperatura de operação para o processo de digestão anaeróbica é de 35°C. Um estudo com um período de digestão da biomassa de 18 dias, referiu que uma pequena flutuação na temperatura, de 35°C para 30°C resulta numa redução na taxa de produção de biogás [27].

Falando de uma maneira otimizada, a temperatura ideal de funcionamento no processo pode ser algo complexo, uma vez que ter-se-á de ter em conta vários fatores como os custos do equipamento e da sua manutenção, os custos do requisito de energia e ainda os níveis de produção de biogás. Para que haja uma otimização do processo, os digestores devem ser mantidos a temperaturas constantes, pois oscilações repentinas de temperaturas aquando do seu funcionamento poderão perturbar o crescimento de bactérias. Estudos sobre a otimização dos digestores anaeróbicos indicam que a produção ótima de biogás ocorre em digestores mantidos a temperaturas tão baixas quanto 22,2°C [28].

2.4.6. Vantagens e desvantagens

Como é normal, o processo de digestão anaeróbica envolve tanto vantagens como desvantagens. Como vantagens tem-se a produção de biogás, um gás com alta qualidade e com um grande aproveitamento energético, onde existe o reaproveitamento de matéria orgânica que seria desperdiçada e a digestão dela é, na maioria dos casos, isenta de odores para o exterior. É também um processo extremamente amigo do ambiente por ser uma excelente tecnologia de tratamento de resíduos, livre da libertação de GEE para a atmosfera. Como desvantagens temos que, dependendo do tamanho da planta de digestão anaeróbica, ela pode exigir um custo inicial um pouco elevado, contudo numa perspetiva de longo prazo consegue

reduzir a compra de eletricidade à rede, tornando-se uma tecnologia muito viável. Uma outra desvantagem um pouco importante passa pela necessidade do controlo da temperatura, uma vez que os micro-organismos sendo muito sensíveis a alterações de temperaturas, não se conseguem desenvolver devidamente entre gamas de temperaturas que não as ideais, fazendo com que a produção de metano sofra e comprometa todo o processo [22].

2.4.7. Utilização de bagaço de uva

Com uma explicação mais pormenorizada no capítulo seguinte, para a conceção do vinho existe um processo chamado prensagem que permite a separação das peles e grainhas das uvas do seu sumo, pela utilização de um equipamento chamado prensa. Aquando da prensagem das uvas, as partes sólidas são removidas e não são mais utilizadas para a produção de vinho, ao qual se chama de bagaço de uva. Dito por outras palavras, é um resíduo sólido que permanece após o processamento das uvas, na conceção do vinho, onde se caracteriza basicamente pelas peles e as sementes da uva que se encontram um pouco húmidas (biomassa húmida).

Os resíduos agrícolas são considerados recursos renováveis e possuem um grande potencial quando explorado pela digestão anaeróbica. O bagaço de uva é então uma matéria que merece ser estudada e interessante de utilizar, uma vez que podem ser beneficiados os valores energéticos destes resíduos, sendo também uma das culturas mais cultivadas em todo o mundo que pode ter um grande benefício na redução da dependência da utilização de energia da rede [33].

Muitas indústrias vitivinícolas desperdiçam comumente o bagaço de uva que é gerado na produção de vinhos e descartam-no em campo aberto. Para além de se estar a perder um produto com bom valor energético, isto é também prejudicial para o meio ambiente, uma vez que com o passar dos tempos existirá emissão de CO₂ para a atmosfera a partir da sua decomposição ao longo do tempo. Algumas indústrias utilizam o bagaço de uva como fertilizante ou para o fabrico de rações animais, enquanto que outras o costumam vender a destilarias.

O bagaço de uva é um subproduto proveniente da produção de vinho e tem sido, no passado, utilizado como fertilizante e para processamento de rações animais, contudo pode ser utilizado para fins muito mais “lucrativos”. É importante que se expanda este tipo de biomassa, pois a sua conversão em metano é uma possibilidade promissora. O objetivo para esta dissertação é a produção de biogás pela utilização da digestão anaeróbica de bagaço de uva.

Duas formas de utilizar o bagaço de uva serão tidas em conta, moído e não moído. É importante referenciar que a utilização de bagaço de uva moído e não moído, na digestão anaeróbica, produzem quantidades de biogás diferentes.

Roati et al. (2012) [29] testaram através da utilização de bagaço de uva e pelo emprego da digestão anaeróbica, a produção de metano por cada kg de substrato. É importante referenciar

que o bagaço de uva utilizado foi moído antes do processo, uma vez que a moagem permite a obtenção de um valor energético maior, comparando ao bagaço de uva que não é moído. O valor obtido relativo à produção de biogás, pela utilização de bagaço de uva moído na digestão anaeróbica, foi de $0,72 \text{ m}^3/\text{Kg}$. Esta conclusão pode-se retirar de uma outra experiência feita por Makadia et al. (2016) [30], onde foram simuladas duas situações distintas pela utilização de bagaço de uva normal e bagaço de uva moído. As conclusões referem que a moagem do bagaço de uva comprova aumentar o poder energético deste tipo de biomassa.

Uma outra experiência levada a cabo por Milan Geršl et al. (2015) [31], permitiu avaliar a capacidade de produção de biogás por kg de substrato de bagaço de uva não moído. Para o teste, foi utilizado bagaço de uva proveniente de dois tipos de uvas, tintas e brancas. Os resultados obtidos demonstraram que a utilização da digestão anaeróbica com bagaço de uvas tintas e de uvas brancas produziram valores semelhantes na produção de biogás: $0,238 \text{ m}^3/\text{Kg}$ e $0,246 \text{ m}^3/\text{Kg}$ respetivamente.

É também estimado que 1 m^3 de biogás produzido pela digestão anaeróbica corresponde a um poder calorífico de entre 21 a 23,5 MJ, o que equivale a $6 \text{ KW} \cdot \text{h}$ [32].

A vindima é uma cultura que como qualquer outro tipo de produção agrícola, tem a sua época de colheita. Isto quer dizer que a utilização do bagaço de uva para a produção de energia, mais concretamente biogás, é um processo sazonal que limita de certa forma aplicações deste processo na indústria. Contudo, isto não é propriamente uma desvantagem, uma vez que é durante a produção de vinho, em média 3 meses, que as indústrias vitivinícolas precisam de utilizar mais energia para que se satisfaça a demanda, ainda que hajam gastos de energia durante os restantes 9 meses, como por exemplo para o armazenamento dos vinhos. Apesar de ser nos meses em que se produz vinho que a demanda de eletricidade é maior, a mesma não deixa de ser igualmente cara nos restantes meses do ano [34]. Desta forma consegue-se reduzir a dependência de energia elétrica fornecida pela rede de distribuição, recorrendo à produção de energia localmente com a utilização do bagaço de uva na digestão anaeróbica, especialmente no período em que existe a produção de vinho.

É dito que a produção de biogás através da digestão anaeróbica é relativamente mais simples e barata em termos de custos iniciais e de manutenção, quando comparada a outras tecnologias para a produção de biogás [34].

No próximo capítulo será visto que as necessidades de refrigeração e o controlo das temperaturas do mosto das uvas é muito importante, durante todas as etapas na produção de vinho. A utilização deste tipo de biomassa (bagaço de uva) através da digestão anaeróbica, pode ter então um impacto económico benéfico para as indústrias.



Figura 2.6: Bagaço de uvas tintas [35].

Capítulo 3

Vitivinicultura

Neste capítulo será fundamentado tudo o que diz respeito ao processo de produção de vinho tinto e branco. Existem diversas etapas envolvidas durante a sua produção, sendo que algumas são opcionais, não esquecendo o facto de que a produção de vinho tinto difere de algum modo da de vinho branco. Serão então estudadas todas as fases pelas quais as uvas passam até serem transformadas em vinho para consumo, um processo praticado já há muitos séculos. Por consequência, será abordada uma análise do impacto que os problemas ambientais podem gerar para a indústria vitivinícola e, similarmente, qual o impacto que a produção de vinho tem na economia de Portugal.

Um dos parâmetros mais relevantes para esta dissertação passa pela avaliação das gamas de temperaturas a que são necessárias manter o mosto do vinho nas diversas etapas por quais este tem de passar. Será visto que a necessidade de refrigeração durante a produção de vinho é então um processo imprescindível para que se possam obedecer as devidas temperaturas, acarretando gastos energéticos para as indústrias vitivinícolas.

3.1. Impacto ambiental na produção de vinho

Ainda que o vinho não seja um bem essencial, é muito importante para a população por se ter tornado parte da cultura mundial, tanto a nível económico como degustativo. As condições climáticas durante o crescimento das uvas nas videiras são fundamentais para que se possa obter um produto final de qualidade. Com o aquecimento global, devido à queima de combustíveis fósseis e ao aumento de CO₂ na atmosfera, há a possibilidade para que as condições climáticas venham a alterar esta cultura, pondo em risco a curto e longo prazo um produto tão amado por muitos há centenas de anos. Desta forma, qualquer mudança de padrões de clima potencializa o risco da indústria vitivinícola, pondo em risco um grande valor económico a nível mundial. A mais minúscula mudança da qualidade da uva poderá refletir-se numa grande alteração em termos de sabor e, consecutivamente, na qualidade do vinho [36].

Temperaturas ambientes mais frias que as normais levam à desintegração das uvas, o que resulta numa elevada acidez, baixo teor de açúcar e aromas verdes. Temperaturas mais quentes criam uvas com baixos teores de acidez, altos teores de açúcar e de álcool, comprometendo também o valor do pH dos vinhos. Conclui-se assim que a mudança das temperaturas ao longo dos anos no nosso planeta irá afetar a qualidade das uvas, modificando as suas propriedades químicas relativamente às atuais. Com este problema visível, é preciso saber como estas mudanças irão afetar os consumidores e o mercado do vinho daqui para diante [37].

Caso as mudanças climáticas continuem a sofrer as alterações que se têm vindo a sentir, países como Itália, Grécia e França podem-se tornar áreas impossíveis de fazer crescer a cultura das uvas, até ao ano de 2050 [38].

As projeções das mudanças do clima durante o século XXI, irão ter impactos importantes nas indústrias vitivinícolas, uma vez que padrões de temperaturas e de chuva diferentes irão modificar as áreas vinícolas na Europa. São também apresentados défices relativos a rega, pois diminuições dos níveis de precipitação são esperadas. Um aumento das temperaturas ao longo dos anos pode fazer também com que as peles das uvas comecem a perder um pouco da sua cor e também alguns dos seus aromas, problemas estes que se irão sentir na qualidade final dos vinhos produzidos [39].

Um estudo levado a cabo por Fraga et al. (2012) relativo às alterações climáticas em Portugal, demonstra que um aumento das temperaturas durante a primavera devido às alterações climáticas poderá fazer com que as uvas comecem a desbotar mais rapidamente, o que poderá afetar a qualidade dos vinhos pelo aumento da rapidez que as uvas poderão sentir durante o seu desenvolvimento [40].

3.2. Produção de vinho em Portugal e no mundo

Existem inúmeras facetas que explicam os sabores únicos de cada vinho tinto e branco, tais como a sua acidez, doçura, cor e os compostos aromáticos que são produzidos durante todo o processo de produção, para não falar ainda nos vários métodos que existem para o seu envelhecimento. Pode-se afirmar assim que o vinho é uma bebida bastante complexa quando estudadas todas as etapas de produção, por existir uma certa essência e um rigoroso controlo em fabricar de vinhos de qualidade.

A produção de vinho em Portugal tem uma enorme contribuição para a história, cultura e economia do país. Apesar da certeza, diz-se que foi em 2000 aC que foram cultivadas as primeiras vinhas em Portugal [41]. Estima-se que no século XVII diversas culturas chegaram a Portugal e começaram a cultivar diferentes tipos de videiras, introduzindo também algumas técnicas para a produção de vinho e na segunda metade do mesmo século o vinho português já era apreciado por muitos, onde os produtores adicionavam pequenas quantidades de aguardente para os tornar mais saborosos [42]. Contudo, o início desta jornada remonta à era romana, uma vez que Portugal tinha começado a exportar os seus vinhos para este império [43]. Mais tarde, com os descobrimentos, a cidade de Lisboa tornou-se das maiores regiões de consumo e distribuição de vinho em todo o mundo. O país tem hoje duas regiões que produzem vinho protegidas pela UNESCO como património mundial: a região vinícola do Douro e a região vinícola da Ilha do Pico. É dito que a região Vale do Douro é uma das regiões demarcadas de vinho mais antigas do mundo, levando-nos ao ano de 1758 [43].

Começou-se cada vez mais a cultivar videiras e a expandir este comércio até aos dias correntes, havendo uma grande modernização da cultura do vinho. Relativamente aos últimos tempos, tem havido cada vez mais a conceção de vinhos inigualáveis e de grande qualidade, apreciados e adorados a nível mundial, fazendo com que a sua produção se tenha tornado parte da cultura portuguesa.

Existe diversíssimas variedades de videiras onde cada uma apresenta cachos diferentes que conferem aos vinhos sabores e perfis distintos. Constata-se que em todo o território português que atualmente está ocupado com vinhas, existe uma enorme variedade de castas, muitas delas desconhecidas pela população, demonstrando assim o potencial que o país tem em continuar a progredir na produção de vinhos de grande qualidade no futuro, como é o caso do famoso Vinho do Porto. Portugal é então o segundo país com mais diferentes castas em todo o mundo, algumas delas inexistentes noutra parte qualquer do mundo [44].

Relativamente a 2017, segundo a OIV, a produção de vinho a nível mundial foi muito fraca devido às condições climáticas adversas para as videiras. Os dados revelam que em 2017 foram produzidos 246,7 milhões de hl, demonstrando ser 8,2% menor que no ano de 2016. Portugal foi um dos únicos países que conseguiu apresentar um aumento na produção em 2017 relativamente a 2016, com uma produção de 6,7 milhões de hl. É de realmente se notar que no ano de 2017, a produção mundial de vinho atingiu o valor mais baixo nos últimos 18 anos. Na figura 3.1 podemos ter essa noção [45].

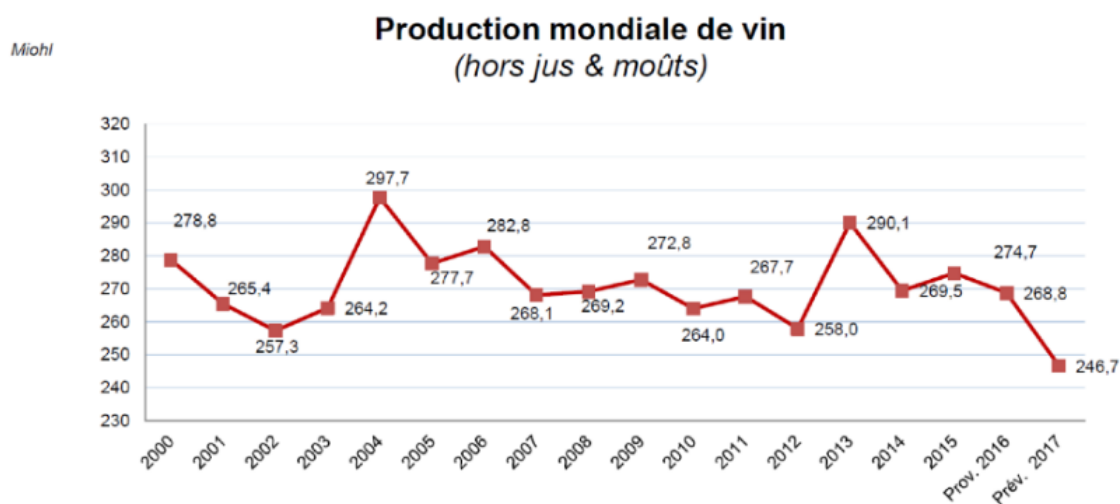


Figura 3.1: Evolução da produção mundial de vinho na Europa [45].

Em exportações, no ano de 2017, Portugal conseguiu um aumento de 7,5% relativamente a 2016, traduzindo-se em cerca de 54 milhões de euros a mais. No total, o valor apresentado é de 778 milhões de euros, refletindo-se num novo record para o sector do país. Por categoria de vinhos, é notória a importância que os ditos vinhos de mesa têm para a sua economia, constatando-se que dos 54 milhões de euros, 50 milhões devem-se então a este tipo de vinhos [45].

Tabela 3.1: Exportações por tipo de produto [45].

Intra + Extra UE	HL jan - dez		Variação 2017/2016 HL	1 000 € jan - dez		Variação 2017/2016 1 000 €	Preço Médio (€ / l) jan - dez		Δ 2017 / 2016 %
	2016	2017		2016	2017		2016	2017	
Vinho de mesa	2 050 167	2 261 157	▲ 10,3%	381 246	431 207	▲ 13,1%	1,86	1,91	▲ 2,6%
Com DO	550 187	600 178	▲ 9,1%	165 481	184 496	▲ 11,5%	3,01	3,07	▲ 2,2%
Com IG	430 162	504 428	▲ 17,3%	105 879	126 771	▲ 19,7%	2,46	2,51	▲ 2,1%
Vinho (ex-mesa)	1 069 819	1 156 551	▲ 8,1%	109 885	119 939	▲ 9,1%	1,03	1,04	▲ 1,0%
Vinho	1 031 072	1 123 492	▲ 9,0%	102 407	114 643	▲ 11,9%	0,99	1,02	▲ 2,7%
Com Indicação de Casta	38 747	33 059	▼ -14,7%	7 478	5 297	▼ -29,2%	1,93	1,60	▼ -17,0%
Vinho Licoroso com DOP / IGP	678 394	682 688	▲ 0,6%	327 636	332 650	▲ 1,5%	4,83	4,87	▲ 0,9%
Porto	650 875	644 809	▼ -0,9%	311 438	312 154	▲ 0,2%	4,78	4,84	▲ 1,2%
Madeira	21 508	28 794	▲ 33,9%	14 163	17 549	▲ 23,9%	6,58	6,09	▼ -7,4%
Outros	6 011	9 084	▲ 51,1%	2 035	2 947	▲ 44,8%	3,39	3,24	▼ -4,2%
Vinho Licoroso sem DOP / IGP	9 487	3 373	▼ -64,4%	2 589	940	▼ -63,7%	2,73	2,79	▲ 2,1%
Vinhos Espumantes e Espumosos	17 691	13 948	▼ -21,2%	7 952	8 243	▲ 3,7%	4,50	5,91	▲ 31,5%
Outros Vinhos e Mostos	21 892	24 650	▲ 12,6%	4 247	4 884	▲ 15,0%	1,94	1,98	▲ 2,1%
Total	2 777 631	2 985 815	▲ 7,5%	723 671	777 924	▲ 7,5%	2,61	2,61	0,0%

Apesar de ser um pequeno país, Portugal é um grande produtor de vinho e tem vindo a ser ao longo dos últimos anos um dos líderes mundiais na produção e exportação de vinhos. Através da figura 3.2 e tabela 3.2, constata-se que Portugal é o quinto maior país produtor de vinho na Europa e o décimo primeiro em todo o mundo.

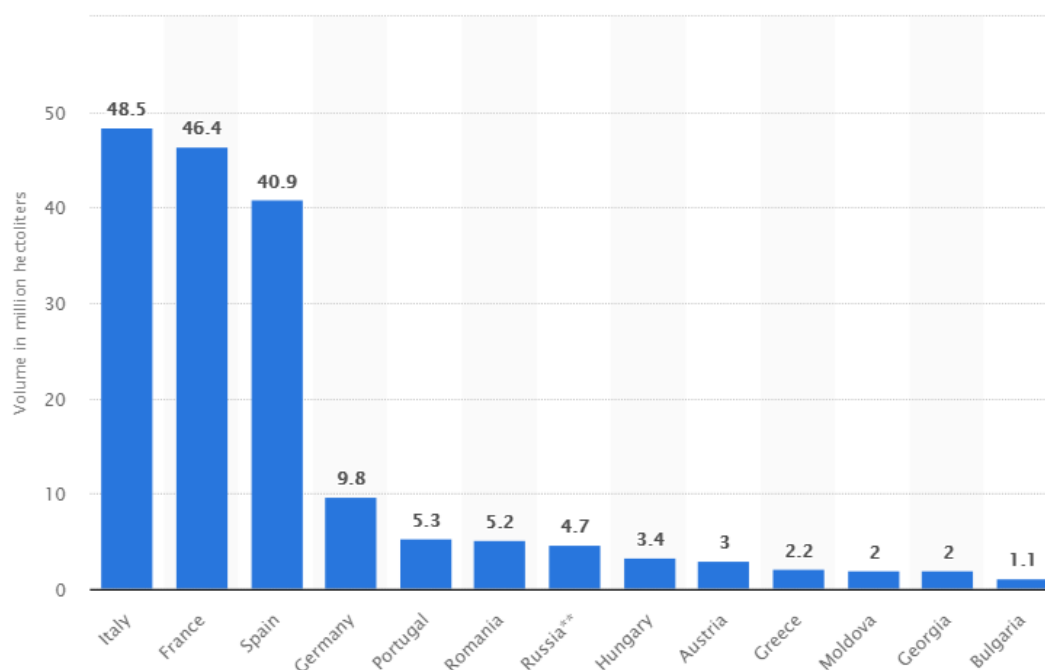


Figura 3.2: Top dos países europeus na produção de vinho [46].

Tabela 3.2: Top dos países mundiais na produção de vinho [47].

Table 1: Wine production (excluding juice and musts) ⁽¹⁾

Unit: mhl	2014	2015	2016	2017 Provisional	2018 Forecast	2018/2017 Variation in volume	2018/2017 Variation in %
Italy	44,2	50,0	50,9	42,5	48,5	6,0	14%
France	46,5	47,0	45,2	36,6	46,4	9,8	27%
Spain	39,5	37,7	39,7	32,5	40,9	8,4	26%
United States ⁽²⁾	23,1	21,7	23,7	23,3	23,9	0,5	2%
Argentina	15,2	13,4	9,4	11,8	14,5	2,7	23%
China*	11,6	11,5	11,4	10,8	NA		
Chile	9,9	12,9	10,1	9,5	12,9	3,4	36%
Australia	11,9	11,9	13,1	13,7	12,5	-1,2	-9%
Germany	9,2	8,8	9,0	7,5	9,8	2,3	31%
South Africa	11,5	11,2	10,5	10,8	9,5	-1,4	-12%
Portugal	6,2	7,0	6,0	6,7	5,3	-1,5	-22%
Romania	3,7	3,6	3,3	4,3	5,2	0,9	21%
Russia*	4,8	5,6	5,2	4,7	NA		
Hungary	2,4	2,6	2,5	2,5	3,4	0,8	32%
New Zealand	3,2	2,3	3,1	2,9	3,0	0,2	6%
Austria	2,0	2,3	2,0	2,5	3,0	0,5	20%
Greece	2,8	2,5	2,5	2,6	2,2	-0,4	-15%
Georgia	1,2	1,5	1,2	1,3	2,0	0,7	57%
Bulgaria	0,8	1,4	1,2	1,2	1,1	0,0	-1%
Switzerland	0,9	0,9	1,1	0,8	1,1	0,3	39%
Brazil	2,6	2,7	1,3	3,6	3,0	-0,6	-17%
Moldova	1,6	1,6	1,5	1,8	2,0	0,2	12%
World Total ⁽³⁾	270	277	273	251	282	31	12%

(1): Countries for which information has been provided with a wine production of more than 1 mhl

(2): OIV estimate based on USDA info

(3): OIV estimate: mid-range estimate Range for evaluation of 2018 world production: from 279.1 mhl to 285.0 mhl

* 2018 Figures not yet available

Através das estatísticas mostradas é visível a importância que o setor da produção de vinhos tem para Portugal, tanto em termos económicos como o papel que este ocupa a nível social.

É preciso assim que surjam novas ideias para a produção de vinho, associando os produtores às preocupações ambientais e inserindo também novas tecnologias nas indústrias vitivinícolas, tanto para uma melhoria no produto final como em termos económicos, com a aplicação de novos sistemas que diminuam a compra de energia elétrica à rede, como é o caso da utilização do subproduto proveniente da produção de vinho, o bagaço de uva, para a geração de biogás através da utilização da digestão anaeróbica e consequentemente de energia.

3.3. Leveduras

As leveduras são amplamente utilizadas na produção de vinhos. Elas são uma espécie de fungos, micro-organismos vivos, que só podem ser vistos com o auxílio de microscópios. As leveduras podem-se descrever como sendo uma camada de pó que se encontra na superfície dos bagos de uva (na pele). Embora sejam muito estudadas em laboratórios para fins industriais, pouco se sabe sobre a sua ecologia, existindo centenas de estirpes de leveduras. Pasteur foi o primeiro homem a estudar este tipo de micro-organismos. Algumas leveduras são então provenientes das próprias uvas, contudo podem também crescer em outros tipos de ambientes, como por exemplo em lagares, adegas ou nas próprias vinhas. Elas têm por objetivo converter o sumo das uvas em vinho (conversão do açúcar das uvas em etanol), ou seja, as leveduras ajudam na

iniciação da fermentação alcoólica uma vez que têm a capacidade de a iniciar sem a intervenção humana [48][49].

Para além das existentes nos bagos de uva, existem muitas estirpes de leveduras e algumas delas foram já estudadas por cientistas e pelos enólogos. A nível industrial, com uma seleção de leveduras existentes e desenvolvidas em laboratórios (embaladas industrialmente) é possível que a fermentação se desenvolva de uma forma mais controlada, conseguindo também proporcionar outro tipo de efeitos benéficos ao vinho, pela influência que estes fungos conseguem proporcionar, desenvolvendo aromas e sabores que elas são capazes de “sugar” das uvas, extraíndo assim alguns dos seus compostos e ajudando até na preservação da sua cor final. Desta forma, quando os produtores adicionam este tipo de leveduras conseguem prever o resultado final do vinho [49]. Existem por exemplo leveduras utilizadas em vinhos brancos que não adicionam aromas ao vinho nem mudam a sua cor, permitindo assim que este tenha os aromas naturais das castas mais exprimidos. Por outro lado, há produtores que acrescentam outro tipo de leveduras que conferem sabor ao vinho [49]. Cabe ao produtor decidir qual o perfil de vinho que deseja produzir. Muitos produtores utilizam leveduras selecionadas apenas para acelerar o processo de fermentação.

A temperatura tem também um papel importante no que diz respeito à adição de leveduras durante a fermentação. Quanto maior for a temperatura, mais rápida será a fermentação. Contudo, se a temperatura de fermentação for muito fria, as leveduras podem não crescer o suficiente e não fazer o seu papel. Por outro lado, com temperaturas de fermentação mais elevadas, poderá haver a produção de micro-organismos indesejáveis para a conceção dos vinhos, deixando-os com um perfil diferente diferentes do que se pretendia inicialmente [49].

3.4. Processos durante o fabrico de vinhos (tinto e branco)

Apesar do nome, os vinhos brancos não possuem uma cor propriamente branca. Eles apresentam tonalidades amarelas e douradas, onde as uvas utilizadas para estes tipos de vinhos costumam ser geralmente de cor verde ou dourada. Em termos de volume alcoólico, os vinhos brancos tendem a ter uma menor percentagem, quando comparados aos vinhos tintos. Os vinhos brancos são mais suaves e apresentam sabores mais frutados, enquanto que os vinhos tintos são normalmente feitos a partir de uvas vermelhas ou por vezes de misturas de uvas, tendo geralmente tons escuros e avermelhados. O vinho tinto costuma ter um sabor mais forte e áspero, sendo considerado o tipo de vinho mais clássico de todos.

Existem diferenças que têm de ser tomadas durante a conceção de vinho tinto e branco, como por exemplo as temperaturas durante o processo fermentativo ou mesmo diferenças entre algumas etapas, como será explicado nesta secção. É de extrema importância que temperaturas adequadas sejam utilizadas para cada uma das etapas durante o processo de produção de vinho. Desta forma necessidades de refrigeração irão surgir para cada uma delas.

Para além de ser uma bebida degustativa, vários estudos apontam para que o vinho possa ter um efeito benéfico na saúde humana devido aos compostos fenólicos que apresentam. Quando bebido moderadamente, o vinho tem características que comprovam diminuir a formação de trombozes [50]. O valor nutritivo dos vinhos costuma ser geralmente elevado, uma vez que eles contêm a maioria dos nutrientes presentes da uva. Estes valores nutritivos são ainda aumentados pelo processo de fermentação alcoólica, pois permite a existência da libertação de aminoácidos [51].

3.4.1. Colheita e receção das uvas na adega

O processo de fabrico de vinho requer um extremo controlo e cuidado das uvas em todas as etapas, desde a primeira até ao produto final estar concluído. Estas preocupações começam logo quando a vindima é feita. A colheita das uvas ocorre normalmente entre os meses de setembro e outubro. Por norma, a vindima deve ser feita em dias mais secos e com temperaturas mais amenas para que se garanta que as uvas estejam frescas durante a colheita. Os cachos de uva devem ser colocados com cautela em caixas pequenas, para que não se esmaguem uns aos outros, devido ao próprio peso. Durante a vindima, a colheita das uvas pode ser feita manualmente ou mecanicamente. A maioria dos produtores preferem fazer a colheita das uvas de forma manual, uma vez que é um método mais cuidadoso e não requer custos para equipamentos mecanizados. Uma outra vantagem está na seleção dos bagos de uva, isto é, os trabalhadores podem evitar colher uvas menos boas e desnecessárias para a produção do vinho, o que não acontece quando é feita de forma mecânica. Porém, como desvantagem, este é um processo mais lento relativamente à colheita com o auxílio de maquinaria. Após isto e antes de se iniciarem as etapas para a produção de vinho, costuma-se fazer uma nova seleção mais cuidada das uvas na adega, evitando uma fraca qualidade do produto final, proporcionada pela vinificação de uvas menos boas.

Falando em termos de logística após a colheita, as uvas são então transportadas e recebidas na adega. Quando o volume da quantidade de uvas colhidas é muito, elas têm de ser transportadas faseadamente, já que os transportes utilizados não conseguem albergar as uvas na sua totalidade (carrinhas, tratores ou camiões). Desta forma, enquanto algumas uvas estão a ser recebidas na adega e são logo utilizadas para se iniciar o processo de produção de vinho, as demais (as que ainda não chegaram à adega) necessitam de algum tipo de conservação. É por isso que existem alguns camiões que possuem câmaras frigoríficas para poder conservar as uvas durante o seu transporte no caso de ele ser longo. A uva é um fruto perecível devido ao fator temperatura, sendo fundamental que se comece logo com a vinificação quando elas chegam à adega. Caso os bagos de uva estejam quentes, o processo fermentativo é logo iniciado, não havendo um controlo do mesmo, uma vez que as uvas começam a respirar e libertam energia sob a forma de calor para o exterior (processo exotérmico). Para evitar que isto aconteça e caso a produção de vinho não possa ser iniciada logo no momento em que as uvas chegam à adega, no caso da avaria de algum equipamento por exemplo, elas necessitam de algum tipo

de conservação antes do desengace e do esmagamento, sendo estas as primeiras etapas a fazer pelos produtores, explicadas adiante. É preciso então colocá-las dentro de uma câmara frigorífica, impossibilitando que elas se degradem. Temos como outro exemplo o caso da vindima se poder prolongar por algum tempo, durante o período da noite. Assim, para alguns produtores que só conseguem trabalhar durante o dia, sente-se a necessidade de conservar as uvas para que possam logo na manhã seguinte iniciar o processo de produção de vinho. Neste caso é necessário conservar também as uvas vindimadas numa câmara frigorífica.

Segundo a informação recolhida, as uvas devem ser armazenadas a temperaturas a rondar os 0°C [52].



Figura 3.3: Caixas de transporte para os cachos de uva [53].

3.4.2. Composição de um cacho de uva

Durante a vindima, os cachos são colhidos e transportados para a adega. Quando chegam à adega, os bagos de uva têm de ser separados dos cachos. Os produtores necessitam de saber qual a quantidade de uvas que possuem, para determinar a quantidade de vinho que irão produzir. Eles pesam então os cachos de uva, contudo não é o cacho completo que se utiliza para o processo de produção de vinho, mas sim apenas os bagos de uva. Os bagos necessitam de ser separados dos engaços (dos pés dos bagos de uva/parte lenhosa) através de um processo chamado desengace, explicado já a seguir.



Figura 3.4: Cacho de uva compacto e corte de um bago de uva [54] [55].

Os cachos de uva são constituídos pelo engaço e bago, sendo que o bago contém a casca/película e no seu interior o sumo da uva e grainhas. O engaço compõe o seu peso total entre 3% a 9% e o bago de uva entre 91% a 97%, com a película a ocupar entre 10% a 15% e as grainhas de 3% a 5% [55].

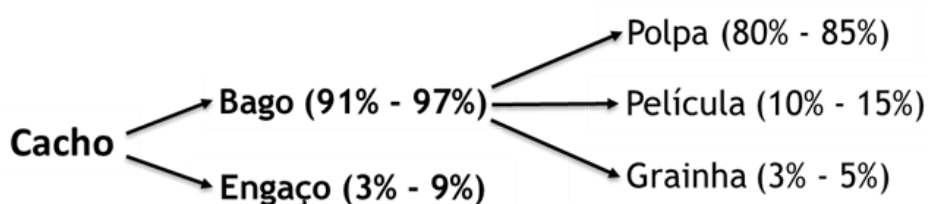


Figura 3.5: Composição de um cacho de uva (adaptado de [55]).

3.4.3. Desengace e esmagamento

Antes de se iniciar a produção de vinho é necessário desagregar os bagos dos cachos de uva, para dar início ao processo de produção de vinho. É então utilizado um equipamento chamado desengaçador que comumente alberga dois tipos de operações, o desengace e o esmagamento. O desengace tem como função a separação das partes sólidas (as partes lenhosas) dos bagos de uva e o esmagamento consiste basicamente em romper a película dos bagos de uva por forma a extrair o seu sumo do interior de forma natural, sem que eles sejam danificados [56].



Figura 3.6: Equipamento utilizado para o desengace e esmagamento das uvas [57].

3.4.4. Maceração a frio (pré-fermentativa)

O processo de maceração a frio, ou maceração pré fermentativa, é uma etapa que se tem tornado cada vez mais utilizada e estuada na enologia. A utilização deste processo pode ter um impacto no estilo de vinho produzido pelo produtor, porém algumas questões se levantam tais como quais as substâncias extraídas durante o processo, qual o seu impacto e como estes compostos extraídos se comportam ao longo do tempo, levando ao produtor por vezes a colocá-la de parte das restantes etapas, fazendo da maceração a frio um processo facultativo. Com a utilização deste processo os produtores pretendem que exista uma melhoria na extração da cor, de aromas e de compostos das peles que dão sabor.

O raciocínio utilizado para este processo caracteriza-se por um pequeno período de tempo em que as partes solidas das bagas de uva (cascas e sementes) estão em contacto com o mosto, designado também como um período pré-fermentativo. Durante este processo existem compostos fenólicos (grupo de compostos químicos) que passam através das sementes e da pele da uva, intensificando a extração de pigmentos e compostos aromáticos da uva para o mosto que afetam a cor e o sabor final do vinho (sabor mais seco e áspero). Estes compostos fenólicos são designados como taninos [58].

Com a utilização da maceração a frio, é estimado que a partir do conjunto inicial de taninos presentes nas bagas de uva, entre 10% a 20% deles são extraídos. Desta percentagem, entre 60% a 65% provém das sementes, enquanto que o restante vem da pele dos bagos de uva. Conclui-se que mais de metade dos taninos extraídos são provenientes das sementes das uvas [59].

Esta técnica é então importante para diversos produtores uma vez que está relacionada com a qualidade do vinho como produto final. Numa análise sensorial, vinhos que utilizam o processo de maceração a frio antes da fermentação apresentam uma maior intensidade no sabor.

Durante a maceração a frio, o mosto deve ser mantido normalmente a temperaturas entre os 10 e 15°C, geralmente entre 3 a 5 dias. A utilização destas temperaturas faz com que haja um impedimento da iniciação da fermentação alcoólica. O efeito da maceração a frio depende fortemente das castas de uvas utilizadas, bem como o tamanho dos bagos [60].

Para manter o mosto dentro das temperaturas adequadas durante este processo, são comumente utilizados permutadores de calor ou técnicas de refrigeração através de camisas nas cubas (tanques encamisados). Estudos mais recentes tendem a referenciar temperaturas mais baixas, em torno dos 4°C, por um período de tempo de até 12 dias [58].

Observa-se a existência de alguns fatores que têm de ser tidos em conta quando se escolhe, ou não, utilizar o processo de maceração a frio. Diversos estudos têm vindo a analisar os efeitos dos efeitos e da duração desta técnica, sendo alguns deles apresentados abaixo.

Álvarez et al. (2005) [61] fizeram um teste em que compararam o efeito do tempo na utilização do processo de maceração a frio, para 4 e 8 dias, não obtendo diferenças significativas. Em termos de envelhecimento, Puertas et al. (2008) [62] referiram que após 4 meses de envelhecimento em garrafa, a utilização deste processo demonstra pontos positivos para o vinho em termos visuais (cor).

Alexandre et al. (2013) [63] constataram que para vinhos tintos, este processo tem um efeito positivo em termos de qualidade do sabor.

Casassa & Sari (2015) [64] mencionaram que, com a utilização da maceração a frio e após 3 meses de envelhecimento em garrafa, os vinhos feitos com castas Barbera e Cabernet Sauvignon apresentaram uma intensidade perceptível no que diz respeito à cor, contrariamente aos vinhos com castas Merlot, Malbec e Shiraz, sendo semelhante a vinhos que não utilizam maceração a frio. É importante constatar que a utilização da maceração a frio pode ter efeitos mínimos ou mesmo nenhuns no produto final, dependendo do tipo de casta e do tipo de vinho que o produtor deseja elaborar [58].

Sacchi et al. (2005) [65] referem que diversos estudos demonstram uma insignificância quando utilizada a maceração a frio, entre 10 a 15°C. A maioria dos estudos foram aplicados a uvas Pinot Noir com o objetivo de melhorar a cor final do vinho. É citado também que o fator tempo tem um efeito negativo na utilização da maceração a frio, isto é, no caso de existir melhorias com a utilização desta técnica, elas tendem a desaparecer com o envelhecimento do vinho.

Contudo, estudos referentes a castas Cabernet Sauvignon e Pinot Noir demonstram que a maceração a frio tem um efeito benéfico, potencializando uma melhoria na cor e nos aromas dos vinhos [65].

Segundo as informações recolhidas de enólogos em algumas indústrias vitivinícolas portuguesas, a utilização da maceração a frio em uvas tintas é um processo opcional, quase nunca utilizado, dependendo também um pouco dos tipos de castas utilizadas. Existem muitos vinhos tintos de grande qualidade em Portugal que não beneficiam deste processo. Todavia, uma boa porção dos vinhos brancos produzidos utilizam a maceração a frio pela obtenção de ganhos significativos em termos gustativos.

Como visto, através da pesquisa bibliográfica e através do conhecimento adquirido de alguns enólogos, as opiniões estão divididas quanto à utilização deste processo, pelo que cabe ao produtor introduzi-la ou não durante a fabricação dos seus vinhos. Segundo os conhecimentos obtidos, a utilização do processo de maceração a frio tem apenas melhorias para alguns tipos de castas de uvas, havendo uma divergência nas opiniões. O seu emprego pode ter um impacto distintivo na qualidade final dos vinhos produzidos. Outro aspeto importante deriva dos gastos energéticos que a maceração a frio acarreta, pois é necessário refrigerar o mosto por algum período de tempo. Consequentemente, é fácil perceber que este é um processo opcional aquando da conceção de vinhos tintos e brancos.

3.4.5. Fermentação alcoólica

A chave para se fazer um bom vinho envolve o controlo total de todos os estágios por onde ele passa. Um dos principais processos durante a produção de vinho é a fermentação alcoólica, uma vez que a temperatura ao longo desta etapa tem uma influência crucial na qualidade do produto. É então necessário um controlo rigoroso da mesma. Para os produtores de vinho, o objetivo passa pelo controlo da fermentação dentro da gama de temperaturas mais adequada, como será visto já a seguir. A fermentação é basicamente um processo bioquímico onde é feita a transformação do açúcar que existe nas uvas em álcool. É importante referenciar que, por ser um processo exotérmico, durante o processo fermentativo há a libertação de energia sob a forma de calor que irá elevar a temperatura do mosto em alguns graus.

As temperaturas de fermentação variam consoante se está a fazer um vinho tinto ou branco. Segundo a revisão bibliográfica, os vinhos tintos fermentam normalmente entre 25°C a 28°C. Relativamente aos vinhos brancos, temperaturas de fermentação mais baixas, entre os 10 e 15°C, tendem a incentivar a produção e retenção do sabor da fruta (uva), fazendo com que eles sejam preservados, enquanto que temperaturas entre os 15 e 20°C favorecem o desenvolvimento de mais aromas nos vinhos [66]. Temperaturas mais elevadas de fermentação para os vinhos brancos resultam numa redução drástica dos aromas, obtendo vinhos muito ásperos ao paladar [67]. Alguns produtores portugueses dizem utilizar temperaturas entre os 14°C e os 16°C para a fermentação de vinhos brancos.

Para os vinhos tintos, temperaturas de fermentação mais elevadas são sugeridas, uma vez que elas fazem com que haja uma melhoria na cor no produto final, extraíndo assim os taninos (substância causadora de vinhos mais secos e ásperos) e antocianinas (pigmentos que dão cor).

Uma temperatura mais elevada faz também com que aromas frutados sejam removidos dos vinhos tintos, o que pode ser benéfico para alguns tipos de castas que se utilizam, por não possuírem muitas substâncias corantes [65].

Em termos gerais e pelo conhecimento conseguido pela parte de alguns enólogos portugueses, apesar de não se conseguir prever de forma exata o tempo de fermentação, este tende a ter uma duração de cerca de 5 dias para vinhos brancos, e entre 10 a 12 dias para vinhos tintos.

As temperaturas são então muito importantes durante a fermentação alcoólica e cada produtor tem a sua gama de temperaturas preferida para cada tipo de vinho que deseja produzir, pela sua experiência. Temperaturas médias de fermentação para vinhos tintos entre os 22 e os 25°C são também aceitáveis [69].

Durante a fermentação alcoólica, as partes sólidas (peles e grainhas das uvas) têm tendência em ir para a superfície, sendo necessário de vez em quando misturá-las com a parte mais líquida que irá para o fundo dos tanques de fermentação ao longo do processo, por forma a fazer a homogeneização do produto e também da temperatura [70].



Figura 3.7: Tanque de fermentação com a utilização das partes sólidas e líquidas de uvas tintas [56].

3.4.6. Prensagem

Como o próprio nome indica, é utilizado um equipamento chamado prensa para fazer a prensagem das uvas. A prensagem é um processo que é utilizado para se conseguir extrair o restante do sumo que ainda se encontra no bagaço de uva, que não foi retirado pelo esmagamento. Existem muitos tipos de prensas, como pneumáticas ou mecânicas. É estimado que cerca de 60% a 70% de todo o sumo dentro de um bago de uva é libertado pelo processo de esmagamento, não requerendo o uso de uma prensa. Os restantes 30-40% do sumo de uva são extraídos pela prensagem das mesmas uma vez que o bagaço se encontra húmido, retendo ainda algum do sumo [56].

No caso da produção de vinhos tintos, a prensagem costuma ser feita após a fermentação alcoólica, uma vez que o mosto fermenta conjuntamente com as peles e as grainhas das uvas pelas leveduras e outras propriedades químicas serem benéficas para a fermentação alcoólica, proporcionando então melhorias no desenvolvimento da cor e sabor final do vinho. [56]. Na produção de vinhos brancos, após o desengace e o esmagamento, o sumo das uvas tem de ser separado das partes sólidas, sendo feita a prensagem das uvas antes da fermentação alcoólica, uma vez que é prejudicial para a cor e sabor final do vinho. É então utilizado apenas o sumo das uvas para a fermentação alcoólica.

O tipo de prensa também é importante, pois se houver demasiada pressão nos bagos de uva, poderão ser extraídas substâncias que não são saudáveis para a produção dos vinhos através do esmagamento das grainhas, por exemplo.

O sumo que resulta da prensagem das uvas no vinho tinto é comumente utilizado para se fazer vinhos com outras características, uma vez que existirá muita quantidade de taninos após este processo, resultando assim na produção de vinhos mais amargos e ásperos [70].



Figura 3.8: Prensa hidráulica [71].

3.4.7. 1º trasfega

A trasfega é uma etapa utilizada apenas na produção de vinhos tintos que ajuda a limpar o vinho, separando as películas das uvas e as grainhas ou outros depósitos sólidos do vinho limpo, uma vez que podem ser problemáticos para o seu sabor final. É também relevante considerar que estes depósitos não costumam ser instantâneos, existindo aspetos a ter em conta como a dimensão das partículas, o seu peso, entre outros [70]. Deste modo, é prudente repetir a primeira trasfega de forma a garantir que o vinho fique totalmente limpo. Esta etapa consiste então na transferência do vinho, de um recipiente para outro, fazendo com que o mosto se passe a designar vinho.

3.4.8. Fermentação malolática

Na Europa, nos países que têm um clima mais frio, é necessário recorrer a diferentes tecnologias, porque temperaturas mais frias fazem com que as uvas tenham um elevado teor de acidez [72] e com isso sabores menos predominante. Pela existência de uma alta concentração de ácido málico nas uvas, é criado um grau de acidez um tanto alto aos vinhos. É recomendada uma redução deste elevado teor de ácido para que o vinho se possa tornar mais suave e agradável ao paladar.

Posto isto, um processo ideal para apaziguar estes problemas durante a conceção dos vinhos passa pela utilização de uma técnica utilizada após a fermentação alcoólica, chamada fermentação malolática.

Ao longo dos anos, os enólogos têm uma tendência para estudar cada vez mais a fundo o principal objetivo da utilização da fermentação malolática, verificando-se que a utilização deste processo serve para promover uma evolução significativa nos vinhos pela redução da acidez. Existe também uma mudança, para melhor, do sabor e da textura de vinhos brancos e tintos, produzindo assim vinhos mais balanceados pela introdução de alterações favoráveis nas suas características sensoriais, que aumentam a complexidade aromática e suavidade [73]. Contudo, a utilização desta técnica não é favorável para todos os vinhos produzidos. Em países com climas mais quentes, onde as uvas possuem um teor de acidez mais reduzidos, a aplicação do processo fermentativo malolático fará com que os vinhos produzidos tenham uma acidez muito diminuta, podendo resultar numa drástica redução das suas propriedades sensoriais e estabilização biológica [72].

A fermentação malolática, também designada comumente por fermentação secundária, é um processo que é realizado espontaneamente algumas semanas após a fermentação alcoólica, no armazenamento de vinhos novos [74] e recomendado em grande parte para vinhos tintos uma vez que são estes os que apresentam maior complexidade em termos aromáticos e gustativos. Apesar de nos vinhos brancos não ser estritamente recomendado a utilização deste processo, por se pretender adquirir um toque mais fresco, pela sua acidez, estima-se que cerca de 75% dos vinhos tintos e 40% dos vinhos brancos sejam submetidos a este processo [75] uma vez que, cada vez com uma maior sensibilização da parte dos consumidores, os produtores tendem cada vez mais em optar por utilizar novos métodos para produzir vinhos de qualidade superior.

A fermentação malolática é causada pelo crescimento de bactérias maloláticas no vinho. O desenvolvimento destas bactérias ocorre porque são alimentadas pela acidez do vinho, sendo o ácido málico um dos principais ácidos encontrados. No vinho fermentado existe ácido málico, tartárico e acético, sendo eles os responsáveis pela acidez do vinho. A principal função destas bactérias baseia-se na conversão de ácido málico em ácido láctico e dióxido de carbono [76][77].

De forma natural, o ácido málico converter-se-á então em ácido láctico e CO₂, promovendo assim uma redução de acidez e um aumento do pH aos vinhos (devido à redução de acidez que ocorre durante o processo), cujo grau depende da quantidade de ácido málico presente nas uvas. Contudo, este parece ser um processo imprevisível (não pode ser controlado), pelo que poderá não ser mesmo iniciado ou completado, um pouco devido às condições da temperatura dentro das indústrias vitivinícolas (dificuldades no crescimento de bactérias para o desenvolvimento do processo) [76].

Apesar da fermentação malolática ser um processo não muito conhecido e que ocorre espontaneamente, temperaturas entre os 18°C e 20°C são aconselhadas [78]. É estimado que este processo tenha uma duração de entre 3 a 6 semanas [79], contudo não parecer ter grandes custos energéticos associados, uma vez que a maioria das indústrias vitivinícolas costumam deixar este processo ocorrer de forma natural, sendo usual adicionar leveduras específicas para que este procedimento ocorra de uma forma mais controlada.

3.4.9. 2ª trasfega

É normalmente feita uma 2ª trasfega no início do inverno para outro tanque limpo, logo após o fim da fermentação malolática, pelo frio provocar precipitações de bitartarato de potássio que faz com que haja depósitos de algumas borras no fundo dos tanques [70].

3.4.10. Estabilização tartárica

O ácido málico e o ácido tartárico, em conjunto, contribuem entre 70% a 90% da acidez total do sumo de uva. [80]

Apesar do ácido málico ser um dos principais ácidos encontrados no vinho, o ácido tartárico é considerado o mais forte, contudo não tem tanta influencia na acidez de um vinho porque se vai tornando cada vez menor à medida que as uvas vão amadurecendo ainda nas videiras, antes da colheita. Este ácido tende a cristalizar quando o vinho está produzido, criando depósitos no fundo das garrafas [81]. Muitos produtores têm vindo a estudar a melhor forma para que se consiga desaparecer com esta cristalização e utilizam um processo chamado estabilização tartárica (ou estabilização a frio).

De uma forma mais explicativa, um dos acontecimentos que ocorre nos vinhos engarrafados é a precipitação de sais tartáricos, bitartarato de potássio e de tártaro de cálcio, em menor quantidade. Durante a fermentação alcoólica, há uma diminuição da solubilidade de bitartarato de potássio, fazendo com que se gere uma solução supersaturada. Desta forma, ocorre um fenómeno de cristalização do bitartarato de potássio que gera depósitos deste composto no fundo das garrafas de vinho, criando aquilo a que normalmente se chama de borras [81]. Ele é então um dos subprodutos proveniente da fabricação de vinhos e que se deposita no fundo das garrafas.

Apesar de estes depósitos não terem qualquer impacto no que diz respeito aos aromas, sabores e cor final dos vinhos, os consumidores tendem a associar estes depósitos a uma fraca qualidade do produto. Na verdade, é uma questão meramente visual e de estética [82]. É por isso que muitos produtores utilizam este processo para proporcionar aos vinhos um formato mais límpido. Esta precipitação no fundo das garrafas é então considerada indesejável, ainda que não altere de nenhuma forma os aromas ou sabores presentes no vinho. Os produtores tendem em contrariar este fenómeno e utilizam um processo que requer frio, antes do engarrafamento dos vinhos. A estabilização tartárica é uma das técnicas mais usuais para evitar este tipo de problema, contudo, diversos estudos têm vindo a ser desenvolvidos para procurar outro tipo de opção mais viável, por este processo ser talvez um dos que requer mais energia durante todas as fases durante a produção de vinho. É um método um pouco caro em termos energéticos, por necessitar de muita necessidade de frio para refrigerar o vinho a temperaturas baixas e mantê-las constantes durante um longo período de tempo [81].

Esta técnica força a cristalização dos sais tartaratos e impede que eles cristalizem depois, quando os vinhos já estão engarrafados (durante o envelhecimento), mantendo o vinho a temperaturas perto do seu ponto de congelamento [81]. É dito que o tempo para o processo pode ir de 3 dias a 3 semanas, sendo 1 semana o mais usual [83].

A necessidade de produção de frio é então deveras importante durante este processo. Para a estabilização tartárica, são utilizadas normalmente temperaturas perto das negativas, dentro de uma gama que pode ir dos -4°C aos 2°C [81], uma vez que temperaturas baixas fazem com que o bitartarato de potássio seja menos solúvel de uma forma mais rápida, forçando assim a cristalização deste subproduto proveniente da fabricação dos vinhos de uma maneira controlada.

Uvas que se desenvolvem em climas mais frios tendem a ter um maior nível de acidez, quando comparadas às que se desenvolvem em climas mais quentes, o que faz com que o processo de amadurecimento se torne mais lento e exista uma maior propensão para que o ácido tartárico se gere [72].

Foi determinada empiricamente uma expressão que permite determinar a temperatura ótima a que o vinho deve ser arrefecido e mantido, para que a precipitação dos bitartaratos ocorra [84].

$$Temperatura (^{\circ}C) = -\left(\frac{grau\ alcoólico - 1}{2}\right) \quad (3.1)$$

De qualquer modo, uma vez que a composição varia para cada tipo de vinho e casta utilizada, é importante salientar o facto da expressão (4.1) não permitir um rigoroso controlo da

estabilização tartárica [84]. Assim, não existe a obtenção de uma temperatura precisa durante a estabilização tartárica, pelo que cabe à experiência do enólogo, a utilização da temperatura que considera mais adequada.



Figura 3.9: Borrás no vinho causadas pela cristalização de bitartarato de potássio (não houve o processo de estabilização tartárica) [85].

3.4.11. 3ª trasfega

A 3ª e última trasfega é feita após a estabilização tartárica para que se garanta que o vinho esteja completamente limpo e possa ser engarrafado nas melhores condições, proporcionando assim a eliminação das borras produzidas durante a estabilização tartárica [70].

3.4.12. Envelhecimento/Estágio

O envelhecimento/estágio ocorre dentro de um recipiente que pode ser de diferentes materiais, consoante o tipo de sabores que o produtor deseja conferir ao vinho. Comumente, quando bebemos vinhos e olhamos para os rótulos, eles têm sempre indicações de onde eles envelheceram, quer seja em barricas de carvalho nacional, americano ou mesmo francês. Os mais experientes afirmam que a utilização de recipientes de cada tipo de carvalho confere ao vinho notas diferentes, uma vez que cada tipo de madeira liberta aromas e sabores diferentes. Cabe então ao produtor escolher o tipo de madeira e tempo que pretende que o vinho envelheça, consoante a qualidade e o tipo de vinho que deseja produzir. O efeito do envelhecimento neste tipo de recipientes faz com que alguns sabores e cores do vinho desejadas se desenvolvam e também faz adquirir algumas notas aromáticas, dando-lhe assim um perfil diferente.

Contudo, os vinhos brancos não costumam ter este tipo de envelhecimento, por ser um tipo de vinho mais aromático e de menor complexidade em termos de sabor, quando comparado com os tintos. São então usados normalmente recipientes de inox para que não sejam conferidos outros tipos de aroma aos vinhos branco, preservando ao máximo os seus sabores frutados originais.



Figura 3.10: Envelhecimento de vinho tinto em barricas de madeira [86].

3.4.13. Engarrafamento e armazenamento

Após a finalização do período de envelhecimento, o vinho produzido é engarrafado. É também importante salientar que o período de envelhecimento irá continuar após o engarrafamento, continuando a haver algumas alterações. É notável a importância que o armazenamento e as suas temperaturas têm, após o vinho estar engarrafado, uma vez que deve ser caucionada toda a qualidade do produto.

Relativamente ao armazenamento dos vinhos, eles costumam ser colocados em caves, uma vez que é requerida uma baixa exposição à luz e temperaturas frescas, com baixas oscilações (entre 6 a 14°C) [87]. Vinhos que são armazenados em locais com uma grande exposição solar tendem a modificar a sua cor, uma vez que o excesso de luz deixará os vinhos tintos com uma cor mais clara e os vinhos brancos com uma cor mais escura. Temperaturas muito altas durante o armazenamento dos vinhos fará com que percam muito dos sabores “frescos” que possuem, deteriorando-os [88]. Para temperaturas muito baixas, problemas não ocorreram. Contudo, o envelhecimento deles dentro das garrafas será retardado.

Um aspeto importante relativamente ao armazenamento, passa também pelo posicionamento das garrafas. Elas devem ser mantidas na horizontal, pois desta forma o vinho no interior da garrafa estará sempre em contacto com a rolha, fazendo com que ela nunca fique seca e evitando também a entrada de oxigénio para dentro da garrafa. No caso de a rolha ficar seca, haverá uma grande possibilidade da entrada de ar para dentro da garrafa, fazendo assim com que o vinho oxide [88]. Por outro lado, com a utilização de rolhas de rosca, os vinhos podem ser armazenados na vertical, sem problemas.

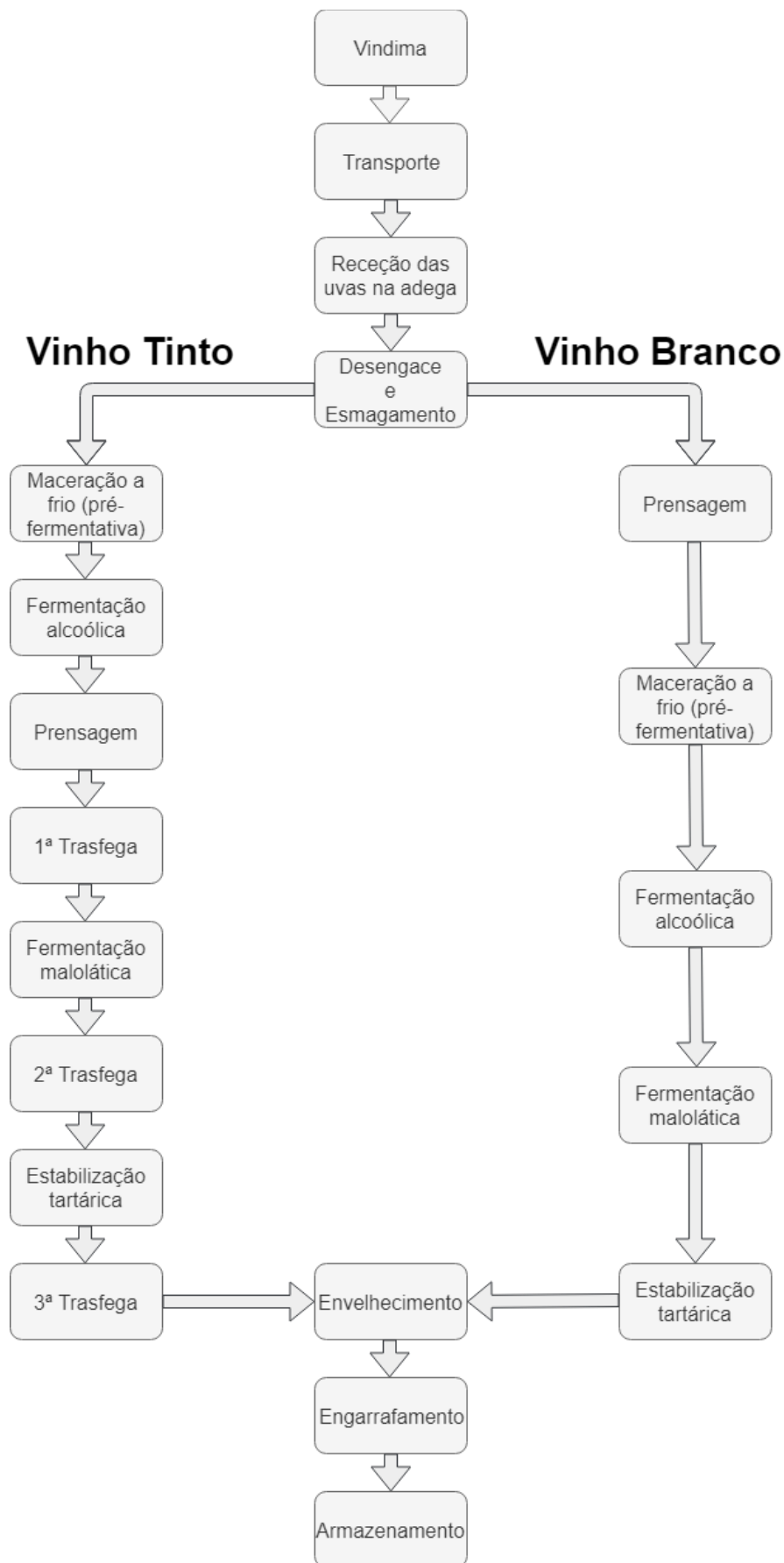


Figura 3.11: Diagrama do processo de produção de vinhos tintos e brancos.

Capítulo 4

Necessidades de Frio para a Produção de Vinho

Neste capítulo é enunciada a proposta para esta dissertação. O objetivo é conceber uma ferramenta de cálculo em Excel para o cálculo das necessidades de frio para a produção de vinho. Será explicado o seu propósito e a razão pela qual foi selecionado o programa Excel para o seu desenvolvimento. É dito mais tarde como a ferramenta de cálculo funciona e qual foi a metodologia para o seu desenvolvimento, à medida que será apresentada a sua evolução. Para terminar o capítulo, será feita uma simulação na ferramenta de cálculo, relativa à produção de vinho tinto e branco a partir de uma determinada quantidade de uvas, para que se possa depois analisar os resultados obtidos e se tirarem conclusões.

4.1. Emergir do propósito

Como se pode constatar através do capítulo anterior, é necessário respeitar diferentes gamas de temperaturas durante a produção de vinho tinto e branco consoante as etapas pelas quais o mosto tem de passar, até o produto final estar concluído. Verifica-se assim que as necessidades de refrigeração durante as técnicas de vitivinicação têm um papel crucial no que diz respeito à qualidade final do vinho. É necessário haver um controlo rigoroso das temperaturas em todas as fases utilizadas pelos produtores, especialmente na fermentação alcoólica por ser considerada a etapa mais importante de todas. Deste modo, é necessário que se recorram a técnicas para a refrigeração do mosto durante a conceção do vinho.

Enfatizando de novo, o principal objetivo para esta dissertação passa pela utilização do subproduto gerado a partir da produção de vinho, o bagaço de uva. É um tipo de biomassa húmida, onde através da utilização da digestão anaeróbica se consegue produzir energia. O culminar da situação é depois a obtenção de biogás e convertê-lo numa fonte de energia eficiente e promissora, tentando colmatar assim os custos energéticos que as indústrias vitivinícolas sentem ao longo de todo o ano.

4.2. Ferramenta de cálculo

Nesta secção será agora apresentada uma ferramenta de cálculo. É explicado o seu objetivo e como foi desenvolvida.

4.2.1. Descrição

A ferramenta de cálculo é basicamente um programa que será desenvolvido em Excel e servirá para quantificar as necessidades de frio durante a produção de vinho tinto e/ou branco.

Ela será utilizada para que os produtores das indústrias vitivinícolas possam, antes de começarem com o processo de produção de vinho, saber quais as necessidades de frio requeridas, em cada etapa e em todo o processo, tentando prever de forma antecipada os requisitos necessários em termos energéticos, para a vinificação de uma determinada quantidade de uvas. Será também tido como propósito, uma avaliação da quantidade de energia que se consegue produzir, pelo emprego do bagaço de uva gerado pela vinificação com a utilização da digestão anaeróbica. O objetivo será depois analisar se a energia obtida pelo bagaço de uva, consegue de alguma forma suprimir a compra de energia elétrica à rede em relação às necessidades totais de refrigeração.

O programa utilizado para o desenvolvimento da ferramenta de cálculo é o Excel, por ser um programa de acesso inteligível, bastante conhecido e também fácil de trabalhar. Desta forma, será desnecessário aprender a trabalhar com programas mais complexos e não tão conhecidos, uma vez que o objetivo passa pela criação de algo intuitivo.

4.2.2. Funcionamento

O funcionamento do programa é desenhado para ser algo simples de trabalhar, como já referido anteriormente, fazendo com que o utilizador consiga utilizar a ferramenta de cálculo e introduzir os dados de entrada da forma mais acessível possível, não havendo dúvidas nem erros. Basicamente, a ferramenta de cálculo pedirá ao utilizador, como dados de entrada, a quantidade de uvas a vinificar, bem como todos os parâmetros necessários para o processo de produção durante a vinificação, a que ele vai proceder. Como enunciado e explicado no capítulo anterior, as fases que compõem a produção de vinho e que necessitam do emprego de refrigeração são a receção das uvas na adega, a maceração a frio (pré-fermentativa), a fermentação alcoólica, a fermentação malolática e a estabilização tartárica, não esquecendo que algumas destas fases são opcionais.

De uma forma resumida, primeiramente o utilizador do programa tem de fazer uma quantificação das uvas para que se possa proceder a uma análise da porção de bagaço de uva que consegue obter para a geração de energia elétrica, já que a sua obtenção está dependente da quantidade de uvas que se pretendem vinificar. Com isto é então quantificado através da ferramenta de cálculo, a porção de biogás que será produzido com o bagaço de uva que se consegue adquirir (biomassa húmida). Ao fim da mesma dar como resultados (dados de saída/output) as necessidades totais para a produção de vinho tinto e/ou branco, o produtor consegue saber se a biomassa que detém é capaz de satisfazer as necessidades de frio para indústria vitivinícola.

A ferramenta de cálculo foi desenvolvida tendo em conta 5 etapas. É importante referenciar que cada etapa foi dividida para a produção de vinho tinto e vinho branco. No caso de não ser requerida alguma destas, uma vez que algumas são opcionais, ou no caso de o produtor desejar apenas produzir um tipo de vinho (tinto ou branco), o valor a introduzir nos respetivos dados

pedidos pela ferramenta de cálculo será zero, não entrado desta forma nas contas finais para as necessidades de frio globais.

Como referido anteriormente, as necessidades de refrigeração começam logo após a colheita das uvas, podendo ser necessário conservá-las durante um determinado período de tempo, colocando-as dentro de uma câmara frigorífica caso o produtor não possa iniciar logo com o processo de produção de vinho. Esta é a primeira etapa, propriamente dita (onde as necessidades de refrigeração começam), desenvolvida para a ferramenta.

A segunda etapa tem como base o processo de maceração a frio (pré-fermentativa) que, como também já explicado, é opcional, pelo que cabe ao produtor decidir utilizá-la ou não, consoante o tipo de produtor que pretende conceber.

A terceira etapa é uma das mais importantes para a produção de vinho, a fermentação alcoólica, onde a temperatura é um parâmetro que requer um rigoroso controlo por poder comprometer o processo fermentativo. Dependendo do tipo de vinho que o produtor deseja produzir (tinto ou branco), as temperaturas de fermentação diferem. Esta é também uma fase um pouco abstrata no que diz respeito ao período de fermentação, uma vez que não existe um período preciso para o processo, isto é, a fermentação alcoólica tanto pode demorar 5 dias, como 10. Acredita-se que a experiência do produtor dite o período que normalmente se associa à fermentação alcoólica e o consiga prever da forma mais exata possível.

A quarta etapa corresponde ao processo de fermentação malolática, e a última, a quinta etapa, à estabilização tartárica.

O envelhecimento, engarrafamento e armazenamento, as últimas fases durante o processo de produção de vinho, também se podem considerar etapas algo importantes, uma vez que é onde se costuma utilizar barricas de carvalho, por exemplo, por forma a conferir ao vinho acabado, outros tipos de aromas e sabores que não puderam ser desenvolvidos ao longo de todo o processo. Estes processos não costumam requerer necessidades de frio, contudo, e para o caso de a garrafeira estar com temperaturas algo altas, é requerida a refrigeração do espaço com temperaturas que variam dos 6°C aos 14°C, como foi explicado no capítulo anterior. É por isto que durante o tempo de envelhecimento os vinhos costumam ser armazenados em caves, por serem mais frescas, anulando a necessidade da utilização de energia para refrigerar o espaço. Assim, estas últimas etapas não foram utilizadas para o desenvolvimento da ferramenta de cálculo.

Foi, por fim, desenvolvida uma folha de cálculos que permite uma análise da energia requerida para o processo de produção de vinho tinto e/ou branco, por etapa e total, bem como a quantidade de energia que se consegue obter a partir do bagaço de uva disponível com a digestão anaeróbica, relativamente à quantidade de uvas que se vinificam. Desta forma é

possível comparar os resultados obtidos e verificar se a energia produzida a partir do bagaço de uva consegue satisfazer a energia total necessária para a refrigeração do mosto, ao longo de todo o processo de produção de vinho.

4.2.3. Desenvolvimento

Como poderá ser visto nesta parte, a ferramenta de cálculo foi desenvolvida com a finalidade de ser intuitiva e fácil de trabalhar.

Ao iniciar o programa Excel correspondente à ferramenta de cálculo, surge como página inicial um título com o propósito em questão: “Necessidades de frio para a indústria vitivinícola” e um botão inicial designado “Entrar”.



Figura 4.1: Página inicial.

Ao clicar no botão “Entrar”, é exibida ao utilizador uma página que permite a introdução dos primeiros dados pedidos pela ferramenta de cálculo.

O primeiro passo passa por saber qual a quantidade de uvas que o produtor pretende vinificar. Assim, a ferramenta levará o utilizador até a uma página onde é pedido, como dados de entrada, a quantidade de uvas que o mesmo pretende vinificar, tanto para vinho tinto como para vinho branco, em Kg. Como já referido, um cacho de uva é composto pelo bago e pelo engaço, sendo que o bago representa entre 91% a 97% do peso total de um cacho de uva. Por ter de se escolher um valor entre o intervalo apresentado, foi definido um meio termo, isto é, foi assumido que os bagos de uva que compõem um cacho, representam 94% do seu peso total. Desta forma, quando o utilizador introduz a porção de uvas a vinificar, esse mesmo valor é multiplicado por 0,94 para que se possa demonstrar a verdadeira quantidade de bagos de uva que irão ser transformadas em vinho, sendo esse mesmo valor apresentado numa caixa, na mesma página, através de uma simples multiplicação, pela equação (4.1).

$$\text{Peso dos bagos que irão vinificar [Kg]} = \text{Peso total das uvas a vinificar [Kg]} \times 0,94 \quad (4.1)$$

Quantidade de uvas a vinificar (Kg)

The image shows a web application interface for quantifying grapes for winemaking. It consists of two side-by-side panels, one for 'Vinho Tinto' (Red Wine) and one for 'Vinho Branco' (White Wine). Each panel has a blue header with the wine type. Below the header, there are two input fields: a blue one labeled 'Introduza o peso total das uvas a vinificar' and an orange one labeled 'Peso dos bagos que irão vinificar'. Both fields currently show a value of '0'. Below the panels, there is a grey button labeled 'Avançar ►' (Advance).

Figura 4.2: Página relativa à quantificação das uvas para o processo de vinificação.

É importante referenciar que foram adicionados ao longo do desenvolvimento da ferramenta de cálculo, botões que permitem uma navegação simples durante a sua utilização. Os botões adicionados permitem ao utilizador retroceder, avançar e voltar ao menu inicial, caso necessário (no caso de um engano na introdução de dados, por exemplo).

A próxima página desenvolvida tem como base a avaliação da quantidade de biomassa disponível e como objetivo apenas demonstrá-la. Como a produção de energia provém do subproduto gerado na indústria vitivinícola, o bagaço de uva (biomassa húmida), a partir da digestão anaeróbica, é então exibido ao utilizador a porção do mesmo que se consegue obter, em relação à quantidade de uvas que pretendem vinificar. É estimado que a quantidade de bagaço de uva produzido representa cerca de 20% do peso total das uvas frescas para vinificar [89]. Este é um cálculo interessante para que se possa determinar a quantidade de biomassa que poderá ser convertida em energia através do processo de digestão anaeróbica. A equação (4.2) permite uma avaliação do explicado. Sendo b o bagaço de uva disponível para utilizar na digestão anaeróbica para a produção de energia, em kg, e as variáveis vt e vb o peso dos bagos de uva que irão vinificar para o vinho tinto e para o vinho branco, respetivamente, também em Kg, temos que:

$$b [Kg] = (vt [Kg] + vb [Kg]) \times 0,20 \quad (4.2)$$

Bagaço de uva disponível para a produção de energia

Biomassa disponível para utilizar (Kg)	0
--	---

Avançar ►

Figura 4.3: Página relativa à biomassa que se consegue obter.

Estando então a parte inicial explicada, relativa à quantidade de uvas que se pretendem vinificar para a produção de vinho tinto e/ou branco, passamos agora às etapas que transformam as uvas em vinho.

Ao clicar no botão “Avançar” foi desenvolvida uma página estilo menu, chamada “Menu Fases”, onde as mesmas serão apresentadas (algumas opcionais), por quais as uvas terão de passar até ao produto final estar concluído. Este menu foi desenvolvido de modo a tornar esta ferramenta mais simples e intuitiva. Ele alberga então 5 fases, tendo sido criados botões para cada uma delas, cada um com uma hiperligação que permite levar o utilizador até a página da etapa em questão. Na página do menu foi ainda adicionada uma nota informativa onde refere que, no caso de não ser necessária a utilização de algum tipo de fase, basta introduzir o valor zero.

• Menu Fases •

NOTA: Caso não seja necessária alguma etapa, introduzir o valor 0 (zero)

Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

Fase 5

RESULTADO
FINAL

◀ Retroceder

Figura 4.4: Página estilo menu.

→ FASE 1:

Começando pela primeira fase, ela pretende determinar as necessidades de refrigeração das uvas após a colheita. As uvas podem necessitar de ser conservadas no caso de não ser possível a iniciação imediata da produção de vinho, fazendo dela uma etapa opcional. Como para o caso é necessário recorrer a uma câmara frigorífica, é pedido ao utilizador a introdução do consumo da mesma, em KW e o tempo pretendido para a conservação das uvas. É depois dado na mesma página, como dados de saída, a energia necessária para o processo, em KWh.

Necessidade de refrigeração das uvas após a colheita

Fase 1

Consumo da câmara frigorífica (em W)	0
Tempo necessário (em horas)	0

Energia necessária para o processo (KWh) 0

Avançar ►

Voltar ao menu

Figura 4.5: Página relativa às necessidades de refrigeração após a colheita.

Em relação à quantidade de uvas a vinificar e à quantidade de vinho que se pode produzir, é necessário ter em conta as diferenças que existem na produção entre vinho tinto e branco. Na conceção de vinho tinto, a fermentação ocorre com o sumo das uvas em contacto com as peles e grainhas das mesmas. Após a fermentação alcoólica é realizada a prensagem das uvas para separar o mosto das peles e grainhas. Desta feita, é estimado que 1 000 Kg de uvas representam a mesma quantidade de massas vínicas, até ao processo da fermentação alcoólica. No caso da produção de vinho branco, a prensagem é feita logo após o desengace e esmagamento. Quer isto dizer que por cada 1 000 Kg são considerados que apenas 720 l de mosto irão influenciar todos os processos de produção de vinho [93].

→ FASE 2:

Estando já a primeira fase explicada, ao clicar no botão “Avançar”, a ferramenta de cálculo leva o utilizador até à 2ª, a maceração a frio (pré-fermentativa). É pedida a introdução da quantidade de litros de mosto pretendida para o processo, a temperatura inicial a que o mosto

se encontra (antes de ser iniciado o processo em questão), em °C, a temperatura final a que se deseja arrefece-lo, também em °C e ainda o tempo desejado para o processo, em dias.

A transferência ou transmissão de calor é um conceito muito importante no ramo da engenharia eletromecânica e também aplicado para esta dissertação. O calor específico, designado por c_p , diz respeito à quantidade de calor recebido e à variação térmica de uma determinada substância. \dot{Q} , representa o fluxo de calor. A densidade ρ de um material, é dada pelo quociente entre a massa desse mesmo material e o seu volume. A variável \dot{m} é referente ao fluxo de massa. Posto isto, para esta etapa e através do emprego de uma das fórmulas utilizadas na área da termodinâmica relativa às trocas de energia térmica, a potência frigorífica requerida (\dot{Q}) é calculada a partir da equação (4.3).

$$\dot{Q} [KW] = \dot{m} \left[\frac{Kg}{s} \right] \times c_p \left[\frac{KJ}{Kg \cdot K} \right] \times \Delta T [K \text{ ou } ^\circ C] \quad (4.3)$$

Na indústria vitivinícola as unidades mais utilizadas são o quilograma (Kg) e o litro (l). Para facilidades no desenvolvimento do programa bem como para o seu utilizador, ao longo de todas as etapas é pedido como um dos dados de entrada, a quantidade de litros que se pretende utilizar para a respetiva etapa. Quando as uvas são desengaçadas e esmagadas, não faz sentido utilizar como medida de quantificação o kg, mas sim litro, pois as uvas passam de deixar de ser uma matéria sólida e passam a ser chamadas de mosto (líquido). Deste modo, é possível relacionar o fluxo de massa (\dot{m}) com o fluxo de volume (\dot{v}), a partir da expressão (4.4).

$$\dot{m} \left[\frac{Kg}{s} \right] = \dot{v} \left[\frac{l}{s} \right] \times \rho \left[\frac{Kg}{l} \right] \quad (4.4)$$

Para efeitos de cálculos no desenvolvimento da ferramenta, e para o cálculo da equação (4.4), a variável \dot{v} vem expressa da seguinte forma:

$$\dot{v} \left[\frac{l}{s} \right] = \frac{\text{Quantidade de mosto utilizado para o processo (em litros)}}{\text{Tempo pretendido para o processo (em segundos)}}, \quad (4.5)$$

sendo que:

$$\text{Tempo pretendido para o processo [s]} = 24 \cdot 3600 \cdot \text{dias requeridos para o processo} \quad (4.6)$$

A multiplicação $24 \cdot 3600$, diz respeito ao total de segundos num dia completo. Substituindo na equação (4.5) o discriminado em (4.6), obtemos então a expressão (4.7) que nos permite calcular o valor de \dot{v} .

$$\dot{v} \left[\frac{l}{s} \right] = \frac{\text{Quantidade de mosto utilizado para o processo [l]}}{24 \cdot 3600 \cdot \text{dias requeridos para o processo}} \quad (4.7)$$

É importante fazer referência ao facto de, quando a densidade inicial do mosto (ou massa volúmica) é $\rho = 1,09 \text{ Kg/l}$, significa que este ainda não foi fermentado. Após o processo de fermentação alcoólica estar completo, tanto para vinho tinto como para vinho branco (quando o mosto se passa a chamar vinho), considera-se que $\rho = 0,995 \text{ Kg/l}$ [90].

Também de igual importância, para efeitos de cálculos, foi tido em conta dois valores distintos para o calor específico (cp). Até ao processo de maceração a frio (pré-fermentativa), o valor do cp (para o mosto) é igual a $3,7 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{K}$. A partir da fermentação alcoólica considera-se que o mosto foi transformado em vinho, utilizando-se $cp = 4,3 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{K}$ [91].

Substituindo a expressão (4.4) em (4.3), obtemos uma nova equação (4.8), a utilizada para a determinar o total da potência frigorífica requerida (\dot{Q} [KW ou KJ/s]) em todas as etapas durante a produção de vinho tinto e/ou branco, excetuando a fermentação alcoólica, que será explicada de seguida.

$$\dot{Q} [KW] = \dot{v} \left[\frac{l}{s} \right] \times \rho \left[\frac{Kg}{l} \right] \times cp \left[\frac{KJ}{Kg \cdot K} \right] \times \Delta T [K \text{ ou } ^\circ C] \quad (4.8)$$

$\Delta T = T_i - T_f$, sendo T_i a temperatura inicial a que o mosto se encontra e T_f a temperatura final a que o mesmo se pretende refrigerar. Esta variável é utilizada em Kelvin (K), mas como é o resultado de uma diferença, utiliza-se por norma $^\circ C$, uma vez que esta diferença será igual tanto numa unidade como na outra.

Após o utilizador introduzir os dados de entrada pedidos pela ferramenta de cálculo, é então exibido numa caixa de texto, a potência frigorífica relativa à refrigeração necessária para o processo de maceração a frio (pré-fermentativa).

Maceração a frio (pré-fermentativa)

Fase 2

Vinho Tinto	
Quantidade de mosto utilizado (litros)	0
Temperatura inicial do mosto (°C)	0
Temperatura final pretendida do mosto (°C)	0
Tempo necessário para o processo (em dias)	0

Vinho Branco	
Quantidade de mosto utilizado (litros)	0
Temperatura inicial do mosto (°C)	0
Temperatura final pretendida do mosto (°C)	0
Tempo necessário para o processo (em dias)	0

Potência necessária para o processo (KW)	0,000
--	-------

← Retroceder	Avançar →
Voltar ao menu	

Figura 4.6: Página relativa ao processo de maceração a frio (pré-fermentativa).

→ FASE 3:

Ao clicar no botão avançar o utilizador depara-se com a próxima etapa, a fermentação alcoólica. Ela é a etapa mais importante durante todo o processo de produção de vinhos pela importância que o controlo de temperatura tem, por ser um processo exotérmico e por poder comprometer todo o processo caso as necessidades de refrigeração não sejam rigorosas. É perguntado ao utilizador qual a concentração inicial de açúcar presente no mosto e o tempo necessário para esta fase (em dias). Com estes dados é então possível calcular a quantidade de frio necessário para todo o processo de fermentação alcoólica. É ainda importante referir que todo o mosto, para ser transformado em vinho, terá de ser submetido a este processo. Desta forma, a quantidade de litros de mosto utilizado para o processo não é um dado pedido pela ferramenta, considerando-se que todo ele terá de ser utilizado.

Primeiramente é necessário calcular a massa de açúcar. Os produtores, antes da iniciação da fermentação alcoólica, costumam medir a quantidade de açúcar presente no mosto recorrendo a um aparelho denominado de hidrómetro que vem incorporado com uma escala chamada Balling. Desta forma é possível saber qual a quantidade de açúcar presente no mosto e dividi-la pelo período de tempo do processo. Isto é importante para determinar a taxa de graus balling (°B) a que o mosto fermenta por dia, uma vez que, como dito anteriormente, a fermentação alcoólica é um processo exotérmico e durante a conversão de açúcar em álcool existe libertação de energia em forma de calor. Consegue-se perceber assim, que quanto maior for a quantidade

de açúcar presente no mosto, mais energia em forma de calor será libertada. Este é um cálculo importante para que se possa determinar depois a potência total necessária para o processo. A fórmula de partida é a (4.9) [92].

Como forma de exemplo, caso a leitura inicial tenha sido de 22°B e o produtor deseje que o mosto fermente por um período de 11 dias, pela utilização da equação (4.9) temos que:

$$B_{\text{máx}} \left[\frac{^{\circ}B}{\text{dia}} \right] = \frac{^{\circ}B}{\text{dias para fermentação}} \Leftrightarrow \quad (4.9)$$

$$\Leftrightarrow (B_{\text{máx}}) = \frac{22 [^{\circ}B]}{11 [\text{dias}]} = 2^{\circ}B / \text{dia} ,$$

obtendo-se assim a máxima taxa de graus balling a que o mosto fermenta por dia, neste exemplo a 2°B por dia.

Depois deste cálculo ter sido efetuado e recorrendo à equação (4.10) [92], é necessário calcular a massa de açúcar presente no mosto, ou seja, a quantidade de açúcar que é transformada em álcool. Iê diz respeito à quantidade de litros que se pretende vinificar. É de grande relevância referir que usualmente para os cálculos, 1 tonelada de uvas produz cerca de 720 litros de sumo de uva aquando da produção de vinho branco e aproximadamente 1 tonelada de massas vînicas na produção de vinho tinto [93], até à fermentação alcoólica. Depois, pelo processo de prensagem, o bagaço de uva será extraído. Após isto, considera-se que por cada tonelada de uvas, apenas 720 litros de vinho tinto irão ser utilizados para os restantes processos. Foi então necessário multiplicar 0,72 pelo peso dos bagos que irão vinificar, para o caso da fermentação alcoólica do mosto branco. Outro fator que foi considerado, mas menos importante, diz respeito ao facto de durante a fermentação alcoólica nem todo o açúcar ser convertido em álcool. Deste modo, aquando da finalização da fermentação alcoólica costuma-se notar algum açúcar residual. Estima-se que estes resíduos de açúcar têm uma percentagem de entre 2 a 5% de todo o açúcar presente no mosto, tanto para o vinho tinto como para o branco. Foi definido que cerca de 3% do açúcar não é convertido em álcool, com base nos conhecimentos transmitidos por alguns enólogos portugueses.

$$\text{Massa de açúcar } (M_s) [Kg \text{ açúcar} / \text{dia}] = \left(l_t [l] \times \rho \left[\frac{Kg}{l} \right] \times \frac{B_{\text{máx}} \left[\frac{^{\circ}B}{\text{dia}} \right]}{100} \right) \times 0,97 \quad (4.10)$$

Resta agora recorrer a outra fórmula que nos permita calcular as necessidades para a fermentação alcoólica (Q_f) em termos de potência frigorífica, após a massa de açúcar ter sido calculada pela ferramenta de cálculo. A fórmula de partida é a (4.11) [92].

$$\text{Calor na fermentação } (Q_f) [KW] = \frac{M_s [Kg \text{ açúcar} / \text{dia}] \times \Delta H_f [KJ/Kg]}{24 \times 3600} \quad (4.11)$$

ΔH_f corresponde ao calor gerado na fermentação, por kg de açúcar, uma constante com o valor de 555 KJ/Kg açúcar [93]. Durante o processo fermentativo existe calor que é ganho através do tanque de fermentação, proveniente do meio ambiente da indústria vitivinícola. Cálculos realizados estimam que durante o processo fermentativo, existe um aumento de cerca de 10% de energia em forma de calor, como resultado do calor ganho para os tanques de fermentação vindo do exterior [93]. Assim, para o desenvolvimento da ferramenta de cálculo, ao total do valor que surge da potência frigorífica necessária para o processo de fermentação alcoólica, Q_f , foi multiplicado um fator de 10% e depois somado a esse mesmo valor. A fórmula final (4.12) foi então a utilizada e introduzida na ferramenta de cálculo para esta etapa, quantificando o total da potência necessária durante a fermentação alcoólica de vinho tinto e/ou branco.

$$Q_f [KW] = \left(\frac{M_s [Kgaçúcar / dia] \times \Delta H_f [KJ / Kg]}{24 \times 3600} \right) + \left(\frac{M_s [Kgaçúcar / dia] \times \Delta H_f [KJ / Kg]}{24 \times 3600} \right) \times 0,10 \quad (4.12)$$

Fermentação alcoólica

Fase 3

Vinho Tinto

Tempo necessário para o processo (dias)

0

Quantidade inicial de açúcar no mosto (*Balling)

0

Vinho Branco

Tempo necessário para o processo (dias)

0

Quantidade de açúcar no mosto (*Balling)

0

Potência necessária para o processo (KW)

0,000

Potência necessária para o processo (KW)

0,000

◀ Retroceder

Avançar ▶

Voltar ao menu

Figura 4.7: Página relativa ao processo de fermentação alcoólica.

→ FASE 4:

Ao clicar em “Avançar”, o utilizador do programa depara-se agora com outra etapa chamada fermentação malolática. Foi utilizada a equação (4.8) e os dados pedidos são os mesmos: a quantidade de vinho que deseja utilizar para o processo (em litros), a temperatura a que o

vinho se encontra (temperatura inicial) e a temperatura a que deseja arrefecer o vinho (temperatura final), ambas em °C.

É de salientar novamente que nesta etapa, e tendo sido já referida a razão, $c_p = 4,3 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{K}$ e $\rho = 0,995 \text{ Kg/l}$.

Fermentação malolática

Fase 4

Vinho Tinto

Quantidade de mosto utilizado (litros)

0

Temperatura inicial do mosto (°C)

0

Temperatura final pretendida do mosto (°C)

0

Tempo necessário para o processo (em dias)

0

Potência necessária para o processo (KW)

0,000

Vinho Branco

Quantidade de mosto utilizado (litros)

0

Temperatura inicial do mosto (°C)

0

Temperatura final pretendida do mosto (°C)

0

Tempo necessário para o processo (em dias)

0

Potência necessária para o processo (KW)

0,000

Retroceder

Avançar

Voltar ao menu

Figura 4.8: Processo relativo à fermentação malolática.

→ FASE 5:

A próxima e última fase é a estabilização tartárica e foi também desenvolvida com o emprego da equação (4.8), com base nos valores de ρ e c_p utilizados na etapa anterior.

Estabilização tartárica

Fase 5

Vinho Tinto	
Quantidade de mosto utilizado (litros)	0
Temperatura inicial do mosto (°C)	0
Temperatura final pretendida do mosto (°C)	0
Tempo necessário para o processo (em dias)	0

Vinho Branco	
Quantidade de mosto utilizado (litros)	0
Temperatura inicial do mosto (°C)	0
Temperatura final pretendida do mosto (°C)	0
Tempo necessário para o processo (em dias)	0

Potência necessária para o processo (KW)	0,000
--	-------

◀ Retroceder Avançar ▶

Voltar ao menu

Figura 4.9: Processo relativo à estabilização tartárica.

Após os dados de entrada para todas as etapas estarem preenchidos, foi elaborada uma última página que permite demonstrar ao utilizador as necessidades totais de refrigeração, para todo o processo de produção de vinho (tinto e/ou branco), em KWh. Ela foi desenvolvida fazendo apenas o somatório da potência frigorífica necessária em todas as etapas que necessitam de refrigeração e depois convertê-la em energia, multiplicando ao valor obtido, o número de horas para todo o processo de produção de vinho, como pode ser visto na figura 4.10.

É apresentado também ao utilizador na mesma página, qual a quantidade de energia que se consegue obter através da aplicação do bagaço de uva resultante do fabrico de vinho, na digestão anaeróbica. A obtenção deste valor teve em consideração a melhor aproximação possível, uma vez que a quantidade de biogás produzido e a quantidade de metano presente nele depende um pouco das temperaturas a que o digestor anaeróbico opera, do seu tipo e também da qualidade da casta utilizada, sendo impossível a quantificação com exatidão.

Através da bibliografia foi definido que 1 m³ de biogás produzido através da utilização de bagaço de uva, recorrendo ao processo de digestão anaeróbica, é equivalente entre 21 a 23,5 MJ de energia gerada, que corresponde a cerca de 6 KW · h, através da digestão anaeróbica [32]. Como tem de ser escolhido um valor entre o intervalo apresentado, foi definido que 1 m³ de biogás produzido pela digestão anaeróbica, através da utilização do bagaço de uva, corresponde a 21 MJ de energia gerada, analisando assim a situação mais crítica. Como referido anteriormente, através de um estudo definiu-se que a utilização de bagaço de uva não moído

para a digestão anaeróbica consegue produzir entre cerca de 0,238 m³/Kg - 0,246 m³/Kg [31]. Por outras palavras, 1 Kg de bagaço de uva não moído produz entre 0,238 m³ a 0,246 m³ de biogás. Foi também definido que, pela utilização de bagaço de uva moído, consegue-se produzir 0,72 m³ de biogás [29].

Para efeito de cálculos não foi considerada a utilização de bagaço de uva moído para a produção de energia, uma vez que o seu potencial energético demonstra ser muito maior relativamente ao não moído, tentando avaliar sempre a situação mais crítica. Deste modo, foi tida como base a produção de energia através da digestão anaeróbica com a utilização de bagaço de uva não moído. Por ter de se escolher um valor fixo, foi tido em conta o meio termo do intervalo 0,238 m³/Kg - 0,246 m³/Kg, isto é, foi definido que por cada 1 Kg de bagaço de uva se consegue produzir 0,242 m³ de biogás.

Sendo b a porção de bagaço de uva obtido, em kg, foi desenvolvida a equação (4.13), por permitir uma avaliação da quantidade de biogás que se consegue produzir (x [m³]) com todo o bagaço de uva existente a partir da quantidade de uvas a vinificar na indústria vitivinícola.

$$x [m^3] = \frac{b [kg] \cdot 0,242 [m^3]}{1 [kg]} \quad (4.13)$$

Com o emprego da equação (4.14) é possível determinar a quantidade de energia gerada pelo biogás, proveniente da digestão do bagaço de uva que o produtor detém, consoante a quantidade de uvas utilizadas na vinificação. O valor 21 MJ é referente à energia que 1 m³ de biogás consegue gerar. Foi utilizado o mesmo raciocínio desenvolvido para a equação a seguir apresentada. Sendo y a quantidade energia que se irá conseguir produzir, e através da obtenção de x [m³] pelo emprego da equação (4.13), temos que:

$$y [MJ] = \frac{x [m^3] \cdot 21 [MJ]}{1 [m^3]} \quad (4.14)$$

Com a utilização do resultado proveniente da expressão (4.13), consegue-se determinar o mais importante, a energia que se consegue obter, consoante a quantidade de bagaço de uva não moído, obtido na vinificação. Pela aplicação da expressão (4.15), sendo z a quantidade de energia que se consegue produzir em KW · h, e 6 o valor correspondente à quantidade de KW · h que 1 m³ de biogás consegue gerar, temos que:

$$z [KW \cdot h] = \frac{x [m^3] \cdot 6 [KW \cdot h]}{1 [m^3]} \quad (4.15)$$

A partir da expressão (4.16) é possível converter a potência frigorífica total respeitante a todas as etapas em que existem necessidades energéticas em termos refrigerativos. Sendo E a energia necessária em termos refrigerativos, P o somatório da potência em KW respeitante a todas as

fases que necessitam de refrigeração e t, o período de tempo da produção de vinho tinto e branco, através da expressão (4.16) é possível então a obtenção das necessidades energéticas totais durante todo processo de produção de vinho tinto e/ou branco.

$$E [KW \cdot h] = P [KW] \times t [h] \quad (4.16)$$

De uma forma resumida, as expressões (4.13), (4.14) e (4.15) que foram desenvolvidas para a ferramenta de cálculo funcionam em conjunto, permitindo ao utilizador que consiga prever qual a quantidade de biogás, energia e potência que tem disponível, provenientes da utilização da digestão anaeróbica do subproduto gerado durante a produção de vinho tinto e/ou branco, o bagaço de uva (biomassa húmida).

É também fundamental referir que para a conversão de biogás em energia, ter-se-á de utilizar um sistema de cogeração onde cada um tem uma eficiência diferente. É então pedido ao utilizador como dado de entrada (input), na última página, que insira a eficiência do equipamento que pretende utilizar para efetuar esta conversão, como pode ser visível através da figura 4.10. Assim, ao valor da capacidade de produção de energia fornecida pela ferramenta de cálculo (z), tem de se multiplicar a eficiência da planta de cogeração (em %). A última equação utilizada para o desenvolvimento do programa (4.17) permite então fazer uma avaliação no que diz respeito à quantidade de energia que se consegue poupar, em percentagem, em relação à quantidade total de energia necessária para satisfazer as necessidades de refrigeração em todos os processos utilizados na ferramenta de cálculo para a indústria vitivinícola, pela utilização de uma planta de cogeração com uma determinada eficiência elétrica. A variável z representa a quantidade de energia obtida pela aplicação da digestão anaeróbica, através da utilização de bagaço de uva. r, corresponde à quantidade total de energia necessária para satisfazer as necessidades de refrigeração durante todo o processo de produção de vinho tinto e/ou branco. s, é referente à eficiência elétrica da planta de cogeração.

$$Poupança (\%) = \frac{z [KW \cdot h] \times s [\%]}{r [KW \cdot h]} \quad (4.17)$$

Caso a energia gerada não seja a suficiente para satisfazer as necessidades totais de refrigeração, é apresentada na mesma folha de cálculo, o valor da percentagem que se consegue reduzir, da total demanda de energia que é necessário comprar à rede para todo o processo de produção de vinho tinto e/ou branco.

- Necessidades para o processo de produção de vinho •



Figura 4.10: Página final relativa às necessidades de refrigeração para o processo de produção de vinho.

4.3. Simulação da ferramenta de cálculo

A seguir é demonstrado um teste, pela utilização da ferramenta de cálculo que foi desenvolvida. Pretende-se simular uma situação inerente a uma indústria vitivinícola, com base nas informações explicadas no capítulo 3 (temperaturas e tempo para cada uma das fases relativas à produção de vinho tinto e branco). O objetivo é estudar um caso específico e saber se uma indústria, a partir da quantidade de bagaço uva que consegue obter relativamente ao total de uvas que pretende vinificar, consegue produzir energia suficiente pela utilização da digestão anaeróbica deste tipo de biomassa húmida, para cobrir parte da energia requerida em todo o processo de produção de vinho tinto e branco. O culminar da simulação será depois ter em conta os resultados obtidos e analisar se o bagaço de uva corresponde então a uma forma inteligente na produção local de energia.

4.3.1. Teste e resultados obtidos

De seguida, ao longo do teste, serão explicados todos os dados de entrada introduzidos. É também importante referir que apesar de alguns processos serem opcionais aquando da

produção de vinho, eles foram todos tidos em conta ao longo da simulação, de forma a examinar o caso mais crítico. Toda quantidade de mosto irá também ser utilizada em todos os processos, tanto para vinho tinto como para vinho branco.

Ao clicar no botão “Entrar”, a ferramenta de cálculo leva o utilizador até à primeira página do programa, sendo possível então o início da simulação.

Para o teste da ferramenta de cálculo e para avaliar as necessidades refrigerativas durante todo o processo de produção de vinho, foi tido em conta que uma determinada indústria vitivinícola pretende vinificar 1 000 toneladas de uvas para produzir vinho tinto e outras tantas para produzir vinho branco. Nesta página é apenas necessário introduzir o valor em questão, para que depois seja demonstrado o peso real das uvas que irão vinificar.

Quantidade de uvas a vinificar (Kg)

Vinho Tinto	
Introduza o peso total das uvas a vinificar	1000000
Peso real das uvas que irão vinificar	940000

Vinho Branco	
Introduza o peso total das uvas a vinificar	1000000
Peso real das uvas que irão vinificar	940000

Avançar ►

Figura 4.11: Simulação da ferramenta de cálculo: quantidade de uvas a vinificar.

Ao clicar em “Avançar”, o utilizador depara-se agora com uma página informativa que permite demonstrar a porção de bagaço de uva que se consegue obter, a partir da vinificação da quantidade de uvas em questão.

Bagaço de uva disponível para a produção de energia

Biomassa disponível para utilizar (Kg)	376000
--	--------

Avançar ►

Figura 4.12: Simulação da ferramenta de cálculo: biomassa que se consegue obter.

Estando inseridos os dados iniciais, ao clicar em “Avançar”, a ferramenta de cálculo leva-nos até a uma página estilo menu, onde estão explícitos 5 botões que nos encaminham à respetiva etapa de cada um deles.

Começando então pela primeira fase, ela permite-nos calcular as necessidades de refrigeração das uvas após a colheita. Imaginemos que o produtor não consegue logo começar com o processo de fabrico de vinho e necessita de conservar as uvas para que elas não se degradem, mantendo todas as suas propriedades. É necessário então recorrer a uma câmara frigorífica para atender às necessidades conservativas das uvas. Supondo que a indústria vitivinícola detém uma câmara frigorífica com um consumo de 1300 W e o produtor necessita da sua utilização durante 24 horas, é agora necessário apenas introduzir estes dados de entrada na ferramenta de cálculo.

Necessidade de refrigeração das uvas após a colheita

Fase 1

Consumo da câmara frigorífica (em W)	1300
--------------------------------------	------

Tempo necessário (em horas)	24
-----------------------------	----

Energia necessária para o processo (KWh)	31,2
--	------

Avançar ►

Voltar ao menu

Figura 4.13: Simulação da ferramenta de cálculo: necessidades de refrigeração após a colheita.

Ao avançar, a próxima fase a ter em conta é a maceração a frio (pré-fermentativa). Como já explicado, uma vez que para o vinho branco, logo antes desta etapa, o bagaço de uva é separado do sumo das uvas pela prensagem das mesmas, é tido em conta que apenas 72% do peso total das uvas para vinificar irão afetar todos os processos refrigerativos, daqui para a frente. Para o caso da produção de vinho tinto, considera-se 100% do peso total das uvas e, após o processo de fermentação alcoólica, também se consideram 72%.

Desta forma e com um simples cálculo, é possível obter a quantidade total de sumo de uvas brancas que irão afetar os processos refrigerativos, após a prensagem.

$$940\,000\text{ [l]} \times 0,72 = 676\,800\text{ [l]} \quad (4.18)$$

Basta introduzir o resultado proveniente da expressão (4.18) na ferramenta de cálculo, referente à quantidade de mosto utilizado, em litros, para o processo em causa.

Após a refrigeração na câmara frigorífica, as uvas necessitam de ser esmagadas e desengaçadas. Foi estimado que ao fim deste processo os bagos de uva estão a temperaturas perto dos 20°C.

Como estudado, a literatura aponta que o processo de maceração a frio deve ocorrer entre 3 a 5 dias, mantendo a temperatura do mosto a cerca de 15 °C. Foi definido que este processo tem uma duração de 3 dias.

Com os dados de entrada todos adquiridos, resta-nos agora introduzi-los na ferramenta de cálculo, para que a mesma calcule a potência frigorífica necessária para o processo.

Maceração a frio (pré-fermentativa)

Fase 2

Vinho Tinto	
Quantidade de mosto utilizado (litros)	940000
Temperatura inicial do mosto (°C)	20
Temperatura final pretendida do mosto (°C)	15
Tempo necessário para o processo (em dias)	3

Potência necessária para o processo (KW)	73,129
--	--------

Vinho Branco	
Quantidade de mosto utilizado (litros)	676800
Temperatura inicial do mosto (°C)	20
Temperatura final pretendida do mosto (°C)	15
Tempo necessário para o processo (em dias)	3

Potência necessária para o processo (KW)	52,653
--	--------

[◀ Retroceder](#) [Avançar ▶](#)
[Voltar ao menu](#)

Figura 4.14: Simulação da ferramenta de cálculo: processo de maceração a frio (pré-fermentativa).

A próxima fase e a mais importante é a fermentação alcoólica. Neste processo, novos dados terão de ser tidos em conta. Uma vez que todo o mosto para passar a vinho tem de ser submetido à fermentação alcoólica, o utilizador não precisa de introduzir a quantidade que irá utilizar para a fase em questão. Os dados pedidos são o tempo necessário para o processo e a quantidade inicial de graus balling a que o mosto se encontra. Através de um aparelho denominado hidrómetro, com base na escala balling, o enólogo consegue obter este valor, em graus balling (°B) antes do processo de fermentação alcoólica. Quanto maior o valor, mais açúcar no mosto existe, traduzindo-se num grau alcoólico final maior no vinho acabado. É importante referenciar que, apesar da temperatura ter uma enorme importância na fermentação alcoólica por poder comprometer todo o processo, ela não é um dado pedido pela ferramenta. Por ser um processo exotérmico, existe a libertação de energia sob a forma de calor que irá elevar a temperatura do mosto, no caso da produção de vinho branco e das massas vínicas, no caso de vinho tinto. As gamas de temperaturas aceitáveis durante a fermentação do mosto branco e das massas vínicas tintas são de 15 °C - 20 °C e de 22 °C - 28 °C, respetivamente. Desta forma, ao longo desta etapa e pela elevação das temperaturas devido ao processo exotérmico, é apenas necessário refrigerar ambos os vinhos quando as temperaturas ficam fora dos intervalos apresentados. Os cálculos utilizados na ferramenta de cálculo dizem apenas respeito à remoção do calor ganho no mosto, pela conversão de açúcar em álcool e devido ainda às temperaturas provenientes do exterior. Desta forma, conseguem-se cumprir os intervalos de temperaturas a que o mosto deverá fermentar, escolhidas pelo enólogo,

certificando-nos assim, que as necessidades refrigerativas para o processo se encontram calculadas com uma grande exatidão.

Foi definido que o mosto de uvas tintas apresenta um valor de 22 °B e o de uvas brancas 20 °B antes do processo. Com base no conhecimento adquirido pela parte de alguns enólogos portugueses, foi tido em conta que o tempo para a fermentação alcoólica do vinho tinto e branco, são de 11 e 6 dias, respetivamente. Após este processo, o mosto passa-se a chamar vinho. Resta-nos agora introduzir os dados na ferramenta de cálculo.

Fermentação alcoólica

Fase 3

Vinho Tinto

Tempo necessário para o processo (dias)

11

Quantidade inicial de açúcar no mosto (°Balling)

22

Vinho Branco

Tempo necessário para o processo (dias)

6

Quantidade de açúcar no mosto (°Balling)

20

Potência necessária para o processo (KW)

144,796

Potência necessária para o processo (KW)

179,898

◀ Retroceder

Avançar ▶

Voltar ao menu

Figura 4.15: Simulação da ferramenta de cálculo: processo de fermentação alcoólica.

A próxima fase é referente à fermentação malolática. Em relação ao vinho tinto, 72% do peso total das uvas entraram para as contas desta etapa em diante. Pela expressão (4.18) é possível obter esse valor.

Pelo que foi estudado no capítulo 3, o processo da fermentação malolática é espontâneo e não necessita de muitos critérios relativamente a temperaturas. Contudo, foi dito que temperaturas entre os 18 °C e os 20 °C são recomendadas com um tempo de duração de cerca de 3 semanas. Deste modo, foi assumido que ambos os vinhos devem ser mantidos a 18 °C por um período de 3 semanas (21 dias). Foi também definido que antes deste processo, o vinho tinto e branco estejam a cerca de 22 °C e 19 °C, respetivamente.

Fermentação malolática

Fase 4

Vinho Tinto	
Quantidade de mosto utilizado (litros)	676800
Temperatura inicial do mosto (°C)	22
Temperatura final pretendida do mosto (°C)	18
Tempo necessário para o processo (em dias)	21

Potência necessária para o processo (KW)	6,384
--	-------

Vinho Branco	
Quantidade de mosto utilizado (litros)	676800
Temperatura inicial do mosto (°C)	19
Temperatura final pretendida do mosto (°C)	18
Tempo necessário para o processo (em dias)	21

Potência necessária para o processo (KW)	1,596
--	-------

[◀ Retroceder](#) [Avançar ▶](#)

[Voltar ao menu](#)

Figura 4.16: Simulação da ferramenta de cálculo: processo de fermentação malolática.

A próxima e última fase diz respeito à estabilização tartárica, sendo o processo que requer maior necessidade energética em termos refrigerativos a seguir à fermentação alcoólica, pelas baixas temperaturas a que o vinho tinto e branco deve ser mantido. Estima-se que este processo deva ter uma duração de entre 3 dias a 3 semanas, sendo mais usual cerca de 1 semana, como visto no capítulo 3. Para o caso, assumiu-se que o processo para os vinhos (tinto e branco) demore cerca de 6 dias. As temperaturas definidas, a que se devem manter o mosto são -5 °C e -4 °C, para o vinho tinto e branco, respetivamente.

Estabilização tartárica

Fase 5

Vinho Tinto	
Quantidade de mosto utilizado (litros)	676800
Temperatura inicial do mosto (°C)	18
Temperatura final pretendida do mosto (°C)	-5
Tempo necessário para o processo (em dias)	6

Potência necessária para o processo (KW)	128,474
--	---------

Vinho Branco	
Quantidade de mosto utilizado (litros)	676800
Temperatura inicial do mosto (°C)	18
Temperatura final pretendida do mosto (°C)	-4
Tempo necessário para o processo (em dias)	6

Potência necessária para o processo (KW)	122,888
--	---------

[◀ Retroceder](#) [Avançar ▶](#)

[Voltar ao menu](#)

Figura 4.17: Simulação da ferramenta de cálculo: processo de estabilização tartárica.

Estando todos os dados preenchidos para as diversas fases, a ferramenta de cálculo dá-nos como dados de saída (output) a quantidade de energia que se consegue obter pela utilização da digestão anaeróbica do bagaço de uva obtido, a potência frigórica relativa às necessidades refrigerativas em cada fase e ainda a necessidade energética em termos refrigerativos para todo o processo de produção de vinho tinto e branco.

É importante referenciar que os valores finais que dizem respeito à energia gerada pelo bagaço de uva disponível através da utilização da digestão anaeróbica, não podem ser considerados os finais. É então necessário um tipo de sistema que permita converter o biogás produzido em energia. Com a utilização de uma planta de cogeração para a produção simultânea de energia elétrica e térmica, pelo emprego de um motor de combustão interna que funciona com ciclo Otto, por exemplo, existe uma eficiência inerente. É impossível converter a totalidade da energia fornecida pelo bagaço de uva em energia elétrica. Foi definido que o sistema de cogeração tem uma eficiência de cerca de 33%, como pode ser visto a partir da figura 4.18. Quer isto dizer que, ao valor dado pela ferramenta de cálculo referente à capacidade de produção de energia do bagaço de uva, em KWh, foi multiplicada a devida eficiência do sistema de cogeração, em %.

- Necessidades para o processo de produção de vinho •



Figura 4.18: Simulação de ferramenta de cálculo: página final relativa às necessidades de refrigeração para o processo de produção de vinho.

4.3.2. Análise de resultados

Por forma a analisar os resultados obtidos da simulação, é necessário esclarecer alguns pontos sobre uma tecnologia chamada cogeração. Foi tido em conta a utilização de um sistema que permita converter o biogás em energia, para a produção de eletricidade.

O conceito de cogeração é descrito como uma tecnologia para a produção simultânea de duas formas de energia, elétrica e térmica. Uma vez que sistemas de cogeração conseguem produzir estes dois tipos de energia, eles têm sido amplamente utilizados em indústrias por todo o mundo, pela sua utilização ser muito apetecível quando comparada a tecnologias convencionais que produzem energia elétrica e térmica separadamente. Um dos principais pontos positivos da cogeração diz respeito a uma melhoria da eficiência global do processo, incluindo a grande vantagem de poupança de energia. O combustível total requerido para produzir energia elétrica e térmica é menor que o combustível total requerido para produzir estas duas formas de energia, em sistemas separados [94]. Desta forma, é visível que a sinergia da produção destas duas formas de energia a partir de um só equipamento pode trazer grandes vantagens em termos económicos, fazendo com que eles vingam no mercado.

A cogeração é também algo importante para cumprir os requisitos sobre a poluição ambiental, por fazer parte da tentativa de redução de gases nocivos para o planeta [95]. A energia elétrica proveniente de sistemas de cogeração pode depois servir para distribuição local de uma indústria, diminuindo assim alguns dos seus encargos económicos.

Diversos tipos de equipamentos podem ser utilizados em sistemas de cogeração, como por exemplo turbinas a vapor, turbinas a gás, motores alternativos de combustão interna que funcionam geralmente segundo o ciclo Otto, entre outros. Os motores de combustão interna são amplamente utilizados a nível industrial para sistemas de cogeração. O seu funcionamento vai de acordo com o ciclo Otto, sendo também utilizados alguns a ciclo Diesel.

Relativamente aos motores Otto, podem funcionar com a utilização de biogás como combustível. A sua vida útil é cerca de 60 000 horas e pode ser ainda estendida consoante os intervalos de manutenção e as características de operação. Estes equipamentos trazem vantagens quando comparados a outros, como por exemplo a microturbinas, uma vez que é uma tecnologia bastante fiável e são de mais fácil operação, para além do seu preço ser muito menor [96].

Apesar da cogeração dizer respeito apenas à produção de energia elétrica e térmica, também se consegue produzir frio, uma vez que este tipo de sistemas consegue reter energia térmica que outrora fora desperdiçada, onde o seu aproveitamento tem diversos propósitos. É possível então a obtenção de trigerção, isto é, a produção de energia elétrica, térmica e frio, através da utilização de um equipamento extra, denominado chiller.

Um chiller é basicamente um equipamento eletromecânico cuja função é arrefecer água a partir da energia térmica desperdiçada de uma fonte de calor, para que consiga depois retirar calor à água ou outro líquido utilizado. Este equipamento tem diferentes aplicações e como base um ciclo termodinâmico. Desta forma, a água arrefecida pelos mesmos pode depois ser utilizada para refrigerar qualquer coisa, consoante as necessidades do utilizador.

Para a análise dos resultados obtidos da simulação da ferramenta de cálculo, foi feita uma pequena pesquisa com o propósito de encontrar algumas plantas de cogeração que funcionem a biogás, como combustível. A informação recolhida foi que, para as mesmas dimensões, é mais assertivo escolher um motor de combustão interna com funcionamento em ciclo Otto, do que uma microturbina uma vez que, para além dos custos inerentes serem muito menores, são de mais fácil operação. Em termos de rendimento elétrico, constata-se que existem diversíssimos equipamentos deste tipo no mercado e cada um possui as suas características. A partir da informação recolhida, foi estimado que o rendimento deste tipo de sistema de cogeração varia entre uma gama que vai de 25% a 43% [97].

Para o caso, e como visto através da simulação da ferramenta de cálculo (figura 4.18), para efeitos de cálculo foi definida a utilização de uma planta de cogeração com motor de combustão interna que funciona com ciclo Otto, com uma eficiência elétrica de 33%.

Através da simulação demonstrada, com os dados revelados pela última página da ferramenta de cálculo relativos às necessidades de refrigeração para todo processo de produção de vinho, podemos concluir que através da energia que se consegue produzir com a digestão anaeróbica do bagaço de uva obtido pela vinificação, uma indústria vitivinícola que utilize 1 000 toneladas de uvas por ano para a produção de vinho tinto e outras 1 000 toneladas para vinho branco, em simultâneo, consegue obter uma poupança de 25,18% da energia total requerida para refrigeração do mosto/vinho em todas as etapas. Esta poupança poderá ser ainda aumentada, caso a biomassa utilizada no processo de digestão anaeróbica seja moída. A revisão bibliográfica diz-nos que a moagem do bagaço de uva na digestão anaeróbica é bastante proveitosa, conseguindo-se alcançar valores energéticos muito maiores em relação à utilização de bagaço de uva não moído. Como já referido anteriormente, a quantidade de biogás obtido com a utilização de bagaço de uva moído e não moído, é de cerca de 0,72 m³/Kg e 0,242 m³/Kg, respetivamente.

Para a simulação em questão, com a moagem do bagaço de uva, o total da poupança seria de 74,79%, como pode ser visto a partir da expressão (4.22). Este valor é muito interessante, uma vez que o poder calorífico do bagaço de uva moído aumenta consideravelmente em relação ao bagaço de uva que não é moído para a produção de energia elétrica, no processo de digestão anaeróbica. Existe assim uma maior facilidade na digestão do substrato de entrada. As expressões (4.19), (4.20) e (4.21) dizem respeito aos cálculos finais que a ferramenta de cálculo nos daria relativos à energia gerada pelo bagaço de uva disponível do total de uvas vinificadas, caso o mesmo fosse moído antes da digestão anaeróbica.

$$x [m^3] = \frac{b [kg] \cdot 0,72 [m^3]}{1 [kg]} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow x [m^3] = \frac{376\,000 [kg] \cdot 0,72 [m^3]}{1 [kg]} = 270\,720 \quad (4.19)$$

$$y [MJ] = \frac{x [m^3] \cdot 21 [MJ]}{1 [m^3]} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow y [MJ] = \frac{270\,720 [m^3] \cdot 21 [MJ]}{1 [m^3]} = 5\,685\,120 \quad (4.20)$$

$$z [KW \cdot h] = \frac{x [m^3] \cdot 6 [KW \cdot h]}{1 [m^3]} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow z [KW \cdot h] = \frac{270\,720 [m^3] \cdot 6 [KW \cdot h]}{1 [m^3]} = 1\,624\,320 \quad (4.21)$$

$$Poupan\c{c}a (\%) = \frac{z [KW \cdot h] \times s [\%]}{r [KW \cdot h]} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow Poupan\c{c}a (\%) = \frac{1\,624\,320 [KW \cdot h] \times 33 [\%]}{715\,527,501 [KW \cdot h]} = 74,91 \% \quad (4.22)$$

É importante referir que apesar da moagem do bagaço de uva demonstrar ser mais benéfica a nível de poupança energéticas, existem outros tipos de custos inerentes para o efeito, à indústria vitivinícola. É necessário a obtenção de um equipamento que permita a sua moagem, despesas com mão-de-obra e custos energéticos para colocar o equipamento em causa em funcionamento.

Uma vez que algumas indústrias vitivinícolas vendem bagaço de uva, poderia ser vantajosa a sua compra para a produção própria de energia em maior quantidade, aumentado assim a poupança em termos energéticos relativamente aos processos refrigerativos durante toda a produção de vinho. Seria necessário então uma análise económica cuidadosa da solução em questão, num âmbito diferente do que foi analisado nesta dissertação.

Outro ponto a ter em conta é o facto da simulação e os resultados obtidos dizerem apenas respeito às necessidades refrigerativas durante todas as etapas para o processo de produção de vinho. Como visto, a mesma não inclui gastos energéticos relacionados com toda a maquinaria envolvente no processo, bem como outros gastos relativos a temperaturas para o armazenamento dos vinhos (caso necessário), aparelhos de controlo de humidade, eletricidade, entre outros. Contudo, a utilização deste subproduto proveniente da fabricação de vinhos, moído ou não, demonstra um potencial energético muito elevado e está aliado também a novas formas verdes de produção de energia, pela utilização da digestão anaeróbica.

Uma indústria vitivinícola que tome proveito do potencial que o bagaço de uva tem na produção local de energia e que utilize um sistema de cogeração, que posteriormente pode ser utilizado em combinação com um chiller para necessidades de refrigeração, com certeza consegue diminuir os seus encargos económicos em termos energéticos, ao longo do ano. Com um chiller, pode ainda ter-se como proveito a refrigeração do espaço onde se geralmente se envelhecem os vinhos, caso necessário, ou para um controlo da temperatura ambiente mais cuidadoso, no armazenamento dos mesmos.

Assim e como última análise, verifica-se a viabilidade da utilização do bagaço de uva para a produção de energia. Evita-se assim que o bagaço de uva seja apenas utilizado como fertilizante ou para fabrico de rações animais, dando-lhe um uso muito mais rentável e proveitoso, por permitir uma diminuição dos encargos económicos a uma indústria vitivinícola, fazendo desta dissertação uma temática muito interessante.

Capítulo 5

Conclusão

A utilização de tecnologias que conseguem fazer proveito do potencial energético da biomassa é uma temática muito interessante e bastante rentável, uma vez que se diminuem os problemas ambientais derivados da queima de combustíveis fósseis, ao mesmo tempo que é possível a produção de energia.

A tecnologia referida nesta dissertação foi a digestão anaeróbica. Aliada a novas formas de produção de energia a partir de recursos renováveis, como é o caso da biomassa, demonstra ser uma tecnologia com grandes capacidades de produção de biogás, fazendo parte de uma política eficiente e ambientalmente correta.

Para a aplicação da digestão anaeróbica foram estudados todos os processos que a produção de vinhos tintos e brancos envolvem. O bagaço de uva é um subproduto proveniente da produção de vinho e tem sido, no passado, utilizado apenas como fertilizante e para o fabrico de rações animais. Algumas indústrias vitivinícolas costumam vender também o bagaço de uva a destilarias, que o utilizam para o fabrico de vários tipos de aguardente. Contudo, um maior proveito poder-se-á ter em conta pela utilização deste tipo de biomassa. Um objetivo desta dissertação é analisar o potencial energético do bagaço de uva e, através da utilização da digestão anaeróbica, conseguir produzir biogás que posteriormente poderá ser convertido em energia elétrica pela aplicação de uma planta de cogeração.

Um dos principais propósitos do trabalho tem haver com o estudo das necessidades de produção de frio numa indústria vitivinícola, durante todas as etapas de conceção de vinho tinto e branco. Foi demonstrado que o controlo da temperatura durante as diversas técnicas de vinificação é um aspeto fundamental no que diz respeito à qualidade final do produto. As necessidades refrigerativas, principalmente durante o processo de fermentação alcoólica, demonstram ser cruciais e necessitam de um rigoroso controlo. Por ser um processo exotérmico onde há a libertação de energia em forma de calor, é necessário colmatar o mesmo pela aplicação de refrigeração. Caso contrário pode-se comprometer todo o processo de produção de vinho. Foi então demonstrado que as etapas que requerem a produção de frio para o controlo de temperatura são, as necessidades de conservação das uvas após a colheita, a maceração a frio (pré fermentativa), a fermentação alcoólica, a fermentação malolática e, por fim, a estabilização tartárica. Todas estas etapas acarretam encargos económicos para as indústrias vitivinícolas ao longo do ano, pela quantidade de energia requerida, para não falar de outros encargos energéticos que existem, como por exemplo para a conservação dos vinhos, maquinaria em operação, eletricidade, entre outros.

O culminar da dissertação prende-se com a elaboração de uma ferramenta de cálculo em Excel, com o propósito de se calcularem as necessidades de refrigeração durante todas as etapas por quais o mosto do vinho passa. A ferramenta de cálculo desenvolvida teve como objetivo a introdução de todos os dados de entrada pelo utilizador (em cada fase), para tentar assim quantificar as necessidades energéticas em termos refrigerativos. É também importante referenciar que, sendo o bagaço de uva um subproduto da produção de vinho (cerca de 20% do peso total das uvas frescas para vinificar), é demonstrado na ferramenta de cálculo a quantidade deste tipo de biomassa que se consegue obter, consoante as uvas que se pretendem vinificar. Desta forma e através da utilização da digestão anaeróbica, um dos objetivos inerentes ao desenvolvimento da ferramenta de cálculo passa também por uma avaliação da quantidade de energia que se consegue obter a partir deste tipo de biomassa (quantidade de biogás, de energia e de potência produzida). Assim e como principal finalidade, foi desenvolvida uma última página na ferramenta de cálculo apenas com propósitos demonstrativos, isto é, apenas para permitir apresentar ao utilizador a quantidade de energia que se consegue gerar pela digestão anaeróbica do bagaço de uva, bem como uma avaliação da quantidade total da energia necessária relativa à refrigeração durante todas as etapas no processo de produção de vinho tinto e/ou branco, consoante a quantidade de vinho que se pretende produzir. Através da utilização de um sistema de cogeração e conforme a sua eficiência elétrica, foi também demonstrado o total da poupança que se alcança, pela produção local de eletricidade numa indústria vitivinícola. Pode-se concluir assim através da ferramenta de cálculo, se a produção de energia pela utilização de bagaço de uva na digestão anaeróbica consegue suprimir as necessidades totais de refrigeração durante todos os processos de produção de vinho tinto e /ou branco ou, no caso de não as satisfazer na totalidade, em quanto as consegue diminuir.

Uma simulação na ferramenta de cálculo foi realizada. Os resultados obtidos referem que, uma indústria vitivinícola que utilize 1 000 toneladas de uvas para a vinificação de vinho tinto e outras 1 000 toneladas para vinho branco, consegue atingir uma poupança elétrica de 25,18% pela utilização de bagaço de uva não moído na digestão anaeróbica e com o emprego de um sistema de cogeração com um motor de combustão interna que funciona a ciclo Otto, com uma eficiência elétrica de 33%. Foi feito um estudo relativo à utilização do bagaço de uva de outra forma. Através da pesquisa bibliográfica é referido que, com a moagem do bagaço de uva para aplicação na digestão anaeróbica, consegue-se obter um proveito muito mais rentável no que diz respeito à quantidade de produção de biogás e, consequentemente, de energia elétrica. Assim sendo, para a mesma simulação, mas com a utilização de bagaço de uva moído, a poupança elétrica relativa à energia total requerida para a refrigeração em todas as etapas de produção de vinho é de 74,91%. Conclui-se que a moagem do bagaço de uva demonstra ser muito mais proveitoso na produção de energia, contudo, custos inerentes existem no processo, como a aquisição de um equipamento que permita a sua moagem, despesas relativas a mão-de-obra e custos elétricos para colocar o equipamento em funcionamento.

O desenvolvimento da ferramenta de cálculo demonstrou ser bastante vantajoso para a quantificação da energia que uma indústria vitivinícola necessita, em relação às necessidades de refrigeração durante todas as etapas no processo de produção de vinho. Foram surgindo algumas dificuldades durante o seu desenvolvimento, especialmente para a página relativa ao processo de fermentação alcoólica, uma vez que as necessidades refrigerativas envolvem diversos fatores que eram desconhecidos. Outra dificuldade encontrada durante o seu desenvolvimento, foi a obtenção da quantidade de biogás que 1 Kg de bagaço de uva (moído e não moído) consegue gerar no processo de digestão anaeróbica. A sua obtenção necessita de um processo experimental, onde os valores dependem em grande parte do tipo de digestor anaeróbico e das temperaturas de funcionamento. A obtenção deste valor está também dependente do tipo de casta que se utiliza para a produção de vinho, uma vez que cada uma possui um valor energético diferente na produção de energia a partir da digestão anaeróbica. Durante a revisão bibliográfica de diversos autores, foram vistas algumas discrepâncias na obtenção da quantidade de biogás que 1 Kg de bagaço de uva consegue produzir. Pode-se considerar que os valores obtidos se demonstram corretos, todavia uma margem de erro deve estar associada durante a sua análise, antes de se tirarem conclusões finais.

Em suma, analisa-se assim a viabilidade deste tipo de biomassa. O subproduto proveniente da fabricação de vinhos chamado bagaço de uva, é uma matéria interessantíssima que merece a atenção de todos, pela capacidade que tem na produção de energia a partir da utilização da digestão anaeróbica. Portanto, pelo seu aproveitamento, uma indústria vitivinícola consegue reduzir a compra de energia elétrica fornecida pela rede de distribuição, reduzindo assim os seus encargos económicos ao longo do ano.

5.1. Desenvolvimentos futuros

Todos os trabalhos por mais completos que estejam, deixam sempre portas abertas a algum tipo de melhorias e desenvolvimentos. O presente estudo demonstrou ser viável, contudo outras abordagens poderão ser tidas em conta.

Uma vez que as indústrias vendem bagaço de uva, poderia ser interessante e vantajoso a sua compra para a produção própria de energia em maior quantidade. Desta forma, uma análise respeitante ao seu preço de compra seria fundamental, para o comparar aos custos relativos à moagem do bagaço de uva, analisando assim a viabilidade da questão.

Apesar da enorme poupança que se consegue obter ser visível, não foi feita uma análise económica para a simulação demonstrada. Para um trabalho futuro, seria interessante analisar a sua veracidade, pondo em causa os custos inerentes para a aquisição de toda a maquinaria necessária para a produção de energia do modo que foi descrito, um digestor anaeróbico e uma planta de cogeração ou, no caso de trigeriação, também a obtenção de um chiller. Uma análise

económica cuidadosa verificaria o investimento inicial inerente a uma indústria vitivinícola, analisando também o tempo de retorno (*payback*).

Outro estudo também interessante, passa por uma análise económica que os gastos energéticos acarretam, não apenas durante a produção de vinho, mas ao longo de um ano completo de funcionamento de uma indústria vitivinícola, ou para outro tipo de processos que não os relatados nesta dissertação. Verificar-se-ia assim, qual a poupança alcançada pela produção própria de energia através da utilização de bagaço de uva com a digestão anaeróbica.

Referências Bibliográficas

- [1] E. BOARD, *General Studies Paper I*. 2015.
- [2] NASA, “Long-term warming trend continued in 2017: NASA, NOAA,” 2018. [Online]. Available: <https://climate.nasa.gov/news/2671/long-term-warming-trend-continued-in-2017-nasa-noaa/>. [Accessed: 04-Jan-2019].
- [3] A. Strickland, “Earth to warm 2 degrees Celsius by the end of this century, studies say,” *CNN*, 2017. [Online]. Available: <https://edition.cnn.com/2017/07/31/health/climate-change-two-degrees-studies/index.html>. [Accessed: 22-Jan-2019].
- [4] M. F. Demirbas, M. Balat, and H. Balat, “Potential contribution of biomass to the sustainable energy development,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 50, no. 7, pp. 1746-1760, 2009.
- [5] U. F. Akpan and G. E. Akpan, “The Contribution of Energy Consumption to Climate Change : A Feasible Policy Direction,” vol. 2, no. 1, pp. 21-33, 2012.
- [6] O. Kuik, F. Branger, and P. Quirion, “Competitive advantage in the renewable energy industry : Evidence from a gravity model,” *Renew. Energy*, vol. 131, pp. 472-481, 2019.
- [7] J. B. Holm-nielsen and P. Oleskowicz-popiel, “Biogas - a promising renewable energy source for Europe,” in *The Future of Biogas in Europe: Visions and Targets until 2020*, 2008.
- [8] A. Demirbas, “Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 42, pp. 1357-1378, 2001.
- [9] “ROADMAP FOR MOVING TO A COMPETITIVE LOW-CARBON ECONOMY IN 2050,” pp. 1-2, 2020.
- [10] N. Scarlat, J. Dallemand, F. Monforti-ferrario, M. Banja, and V. Motola, “Renewable energy policy framework and bioenergy contribution in the European Union - An overview from National Renewable Energy Action Plans and Progress Reports,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 51, pp. 969-985, 2015.
- [11] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, “Renewables 2016 global status report,” 2016.
- [12] L. J. R. Nunes, J. C. O. Matias, and J. P. S. Catalão, “Biomass in the generation of electricity in Portugal : A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 71, pp. 373-378, 2017.
- [13] S. Ferreira, E. Monteiro, P. Brito, and C. Vilarinho, “Biomass resources in Portugal:

- Current status and prospects,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 78, no. August 2016, pp. 1221-1235, 2017.
- [14] “Portugal joined the IEA in 1981.” [Online]. Available: <https://www.iea.org/countries/Portugal/>. [Accessed: 20-Feb-2019].
- [15] S. Rasi, “*Biogas Composition and Upgrading to Biomethane*,” *Faculty of Mathematics and Science of the University of Jyväskylä*, 2009.
- [16] W. B. Association, “BIOGAS - An Important Renewable Energy Source,” 2013. [Online]. Available: <https://worldbioenergy.org/uploads/Factsheet - Biogas.pdf>. [Accessed: 13-Jan-2019].
- [17] S. Achinas, V. Achinas, G. Jan, and W. Euverink, “A Technological Overview of Biogas Production from Biowaste,” *Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 299-307, 2017.
- [18] N. Scarlat, J. Dallemand, and F. Fahl, “Biogas : Developments and perspectives in Europe,” *Renew. Energy*, vol. 129, pp. 457-472, 2018.
- [19] S. A. A. Tasneem Abbasi, S.M. Tauseef, “A Brief History of Anaerobic Digestion and ‘ Biogas ’ Introduction : Discovery of Biogas,” in *Biogas Energy*, New York, 2012, pp. 11-24.
- [20] The Renewable Energy Hub, “Anaerobic Digesters and Biogas Information.” [Online]. Available: <https://www.renewableenergyhub.co.uk/main/anaerobic-digesters-and-biogas-information/?action=anaerobic-digesters-and-biogas-information/>. [Accessed: 16-Feb-2019].
- [21] D. Botheju and R. Bakke, “Oxygen Effects in Anaerobic Digestion - A Review,” *open Waste Manag. J.*, vol. 4, pp. 1-19, 2011.
- [22] E. de J. M. Crespo, “Digestão Anaeróbia de resíduos agroalimentares: Reutilização das frações líquidas e sólidas (state-of-art),” *Universidade Nova de Lisboa*, 2013.
- [23] Q. Zhang, J. Hu, and D. Lee, “Biogas from anaerobic digestion processes : Research updates,” *Renew. Energy*, vol. 98, pp. 108-119, 2016.
- [24] S. C. Bhattacharya, J. M. Thomas, and P. A. Salam, “GREENHOUSE GAS EMISSIONS AND THE MITIGATION POTENTIAL OF USING ANIMAL WASTES IN ASIA,” *Energy*, vol. 22, no. 11, pp. 1079-1085, 1997.
- [25] D. Sullivan, “Anaerobic Digestion In The Northwest,” 2002. [Online]. Available: <https://www.biocycle.net/2012/03/14/anaerobic-digestion-in-the-northwest/>. [Accessed: 22-Mar-2019].
- [26] B. A. Klinkner, “Anaerobic Digestion as a Renewable Energy Source and Waste Management Technology : What Must be Done for This Technology to Realize Success in the United States?,” *UMass Law Rev.*, pp. 68-96, 2014.
- [27] A. Khalid, M. Arshad, M. Anjum, T. Mahmood, and L. Dawson, “The anaerobic digestion

- of solid organic waste,” *Waste Manag.*, vol. 31, no. 8, pp. 1737-1744, 2011.
- [28] L. Ferris, “ANAEROBIC DIGESTION PROCESS: FROM WASTE TO ENERGY,” 2015. [Online]. Available: <http://envirocare.org/anaerobic-digestion-process>. [Accessed: 26-Feb-2019].
- [29] C. Roati, S. Fiore, B. Ruffino, F. Marchese, D. Novarino, and M. C. Zanetti, “Preliminary Evaluation of the Potential Biogas Production of Food-Processing Industrial Wastes,” *Am. J. Environ. Sci.*, vol. 8, no. 3, pp. 291-296, 2012.
- [30] T. H. Makadia, E. Shahsavari, E. M. Adetutu, P. J. Sheppard, and S. Andrew, “Effect of anaerobic co-digestion of grape marc and winery wastewater on energy production,” *Aust. J. Crop Sci.*, vol. 10, no. 1, pp. 57-61, 2016.
- [31] M. Geršl, T. Koutný, M. Šotnar, and J. Kleinová, “Anaerobic Fermentation of Certain Products of Food Industry - Food Waste, Spent Grain and Grape Pomace,” *J. Adv. Agric. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 125-128, 2015.
- [32] Energypedia, “Electricity Generation from Biogas,” 2016. [Online]. Available: https://energypedia.info/wiki/Electricity_Generation_from_Biogas. [Accessed: 01-May-2019].
- [33] J. H. El et al., “Anaerobic digestion of grape pomace : Biochemical characterization of the fractions and methane production in batch and continuous digesters,” *Waste Manag.*, vol. 50, pp. 275-282, 2016.
- [34] C. X. Cáceres, R. E. Cáceres, D. Hein, M. G. Molina, and J. M. Pia, “Biogas production from grape pomace : Thermodynamic model of the process and dynamic model of the power generation system,” *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 37, pp. 0-6, 2012.
- [35] Becca, “grape pomace The Academic Wino,” 2012. [Online]. Available: <http://www.academicwino.com/2012/11/grape-seed-extract-leather-production.html/grape-pomace-the-academic-wino/>. [Accessed: 15-Apr-2019].
- [36] M. R. Mozell and L. Thach, “The impact of climate change on the global wine industry : Challenges & solutions,” vol. 3, pp. 81-89, 2014.
- [37] K. S. Gingue, “Wine About It : How Climate Change is Affecting International Wine Markets,” University of New Hampshire, 2018.
- [38] M. Lallanilla, “Will Global Warming Crush the Wine Industry?,” 2013. [Online]. Available: <https://www.livescience.com/28577-wine-global-warming.html>. [Accessed: 25-Mar-2019].
- [39] H. Fraga, A. C. Malheiro, J. Moutinho-Pereira, and J. A. Santos, “An overview of climate change impacts on European viticulture,” *Food Energy Secur.*, no. Table 1, 2013.
- [40] H. Fraga, J. A. Santos, A. C. Malheiro, and J. Moutinho-Pereira, “CLIMATE CHANGE

PROJECTIONS FOR THE PORTUGUESE VITICULTURE USING A MULTI-MODEL ENSEMBLE,” *Ciência e Técnica Vitivinícola*, vol. 27, no. 1, pp. 39-48, 2012.

- [41] Wine Tourism Portugal, “About Portugal.” [Online]. Available: <https://www.winetourismportugal.com/en/about-portugal/>. [Accessed: 08-Apr-2019].
- [42] World Wine Wide Tours, “History of Portugal’s Wine Industry.” [Online]. Available: <https://www.worldwidewinetours.com/portugal/portugal-wine/>. [Accessed: 15-Apr-2019].
- [43] D. Brightmore, “Top 10 wine-producing countries in Europe,” 2017. [Online]. Available: <https://europe.businesschief.com/top10/1389/Top-10-wine-producing-countries-in-Europe>. [Accessed: 12-Apr-2019].
- [44] The Best Portugal, “Portuguese Wine History,” 2016. [Online]. Available: <https://thebestportugal.com/portuguese-wine-history/>. [Accessed: 14-Apr-2019].
- [45] Viniportugal, “Estatísticas.” [Online]. Available: <https://www.viniportugal.pt/Estatisticas>. [Accessed: 18-Feb-2019].
- [46] Statista 2019, “Volume of wine produced in European wine producing countries in 2018 (in million hectoliters).” [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/445651/leading-countries-wine-production-europe/>. [Accessed: 16-Apr-2019].
- [47] International Organisation of Vine and Wine, “GLOBAL ECONOMIC VITIVINICULTURE DATA,” Paris, 2018.
- [48] J. Cipriano, “Fermentação, Leveduras e Temperatura.” [Online]. Available: <https://www.clubevinhosportugueses.pt/vinhos/fermentacao-leveduras-e-temperatura/>. [Accessed: 21-Feb-2019].
- [49] R. Ponce, “De onde vêm as principais leveduras do vinho? Dos carvalhos do Mediterrâneo,” *Público*, 2015. [Online]. Available: <https://www.publico.pt/2015/11/25/ciencia/noticia/de-onde-vem-as-principais-leveduras-do-vinho-dos-carvalhos-do-mediterraneo-1715457>. [Accessed: 21-Feb-2019].
- [50] M. Bayram, B. Öztürk, and R. E. Anli, “The effect of cold maceration on the phenolic composition of red wines,” *BIO Web Conf.*, vol. 04006, pp. 4-7, 2017.
- [51] S. B. Swami, N. J. Thakor, and A. D. Divate, “Fruit Wine Production : A Review Fruit Wine Production : A Review,” *J. Food Res. Technol.*, vol. 2, no. 3, pp. 93-100, 2016.
- [52] SEMCO/SEMCOLD LLC, “COOLING AND STORING GRAPES AFTER HARVEST,” 2015. [Online]. Available: <https://semcoice.com/cooling/cooling-storing-grapes-after-harvest/>. [Accessed: 15-Mar-2019].
- [53] Ken Wornick, “Nighttime grape harvest in Sonoma,” 2017. [Online]. Available: <https://www.hydeoutsonoma.com/nighttime-grape-harvest-sonoma/>. [Accessed: 14-

Apr-2019].

- [54] experitour, “Vale Do Douro: Tour Da Colheita De Uva Com Pisada E Degustação De Vinhos.” [Online]. Available: <https://experitour.com/pt/listings/douro-grape-harvest-small-group-tour-grape-picking-and-wine-tasting-from-porto/>. [Accessed: 04-Apr-2019].
- [55] J. P. Dias, “Fases da maturação da uva,” *Centésimo Curso Intensivo Vinif.*, 2006.
- [56] O. Klapa, “Bioenergia e aplicações industriais do bagaço de uva do ‘Vinho Verde,’” Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 2015.
- [57] J. Cipriano, “Como Se Produz Vinho - Receção de uva, Desengace, Esmagamento e Esgotamento,” 2017. [Online]. Available: <https://www.clubevinhosportugueses.pt/vinhos/como-se-produz-vinho-rececao-de-uva-desengace-esmagamento-e-esgotamento-2/>. [Accessed: 05-Apr-2019].
- [58] J. L. Aleixandre-Tudo and W. Toit, “Cold maceration application in red wine production and its effects on phenolic compounds : A review,” *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 95, no. April, pp. 200-208, 2018.
- [59] F. Casassa and J. Harbertson, *Maceration Part 1 : Focus on Phenolics*, no. January. 2014.
- [60] G. González-Neves, G. Favre, G. Gil, M. Ferrer, and D. Charamelo, “Effect of cold pre-fermentative maceration on the color and composition of young red wines cv . Tannat,” *J. Food Sci Technol*, vol. 52, no. 6, pp. 3449-3457, 2015.
- [61] I. Álvarez, J. L. Aleixandre, M. J. García, and V. Lizama, “Impact of prefermentative maceration on the phenolic and volatile compounds in Monastrell red wines,” *Anal. Chim. Acta*, vol. 563, pp. 109-115, 2006.
- [62] B. Puertas, R. F. Guerrero, M. S. Jurado, M. J. Jiménez, and E. Cantos-Villar, “Evaluation of Alternative Winemaking Processes for Red Wine Color Enhancement,” *Food Sci. Technol. Int.*, vol. 14, no. 5, pp. 21-27, 2008.
- [63] P. E. M. Frio, J. L. Aleixandre, N. Sánchez, V. Lizama, M. J. García, and I. Alvarez, “PHENOLIC COMPOSITION OF BOBAL RED WINES ELABORATED WITH PRE- FERMENTATIVE COLD MACERATION,” *Ciência e Técnica Vitivinícola*, vol. 27, no. 2, pp. 61-72, 2012.
- [64] L. F. Casassa and S. E. Sari, “Original article Sensory and chemical effects of two alternatives of prefermentative cold soak in Malbec wines during winemaking and bottle ageing,” *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 50, pp. 1044-1055, 2015.
- [65] K. L. Sacchi, L. F. Bisson, and D. O. Adams, “A Review of the Effect of Winemaking Techniques on Phenolic Extraction in Red Wines,” *Am. J. Enol. Vitic.*, vol. 56, no. 3, pp. 197-206, 2005.
- [66] R. S. Jackson, *Wine Science Principles and Applications*, Third Edit. Canada: Elsevier

- Inc., 2008.
- [67] A. Biancalana, "Making Wine: Alcoholic Fermentation," *Wine Culture and Information*, 2007. [Online]. Available: <http://www.diwinetaste.com/dwt/en2007026.php>. [Accessed: 21-Feb-2019].
 - [68] A. M. Molina, J. H. Swiegers, C. Varela, I. S. Pretorius, and E. Agosin, "Influence of wine fermentation temperature on the synthesis of yeast-derived volatile aroma compounds," *Appl Microbiol Biotechnol*, vol. 77, pp. 675-687, 2007.
 - [69] Y. Kourkoutas, A. A. Koutinas, M. Kanellaki, I. M. Banat, and R. Marchant, "Continuous wine fermentation using a psychrophilic yeast immobilized on apple cuts at different temperatures," *Food Microbiol.*, vol. 19, pp. 127-134, 2002.
 - [70] R. M. G. Vieira, "Contribuição para o estudo do tratamento de efluentes da indústria vinícola," Universidade Nova de Lisboa, 2009.
 - [71] B. Campanaro, "PASSO-A-PASSO: DE SUCO DE UVA À VINHO!," 2016. [Online]. Available: <http://www.vivatoscana.com.br/2016/10/passo-passo-de-suco-de-uva-vinho.html>. [Accessed: 04-Apr-2019].
 - [72] A. Versari, G. P. Parpinello, and M. Cattaneo, "Leuconostoc oenos and malolactic fermentation in wine : a review," *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 23, no. July, pp. 447-455, 1999.
 - [73] S. K. Viljakainen and S. V. Laakso, "Acidity reduction in northern region berry juices by the malolactic bacterium *Oenococcus oeni*," *Eur Food Res Technol*, vol. 214, pp. 412-417, 2002.
 - [74] G. Bleve, M. Tufariello, C. Vetrano, G. Mita, and F. Grieco, "Simultaneous Alcoholic and Malolactic Fermentations by *Saccharomyces cerevisiae* and *Oenococcus oeni* Cells Co-immobilized in Alginate Beads," *Front. Microbiol.*, vol. 7, no. June, pp. 1-17, 2016.
 - [75] M. Lasik, "The application of malolactic fermentation process to create good - quality grape wine produced in cool - climate countries : a review," *Eur Food Res Technol*, vol. 237, pp. 843-850, 2013.
 - [76] R. Bauer and L. M. T. Dicks, "Control of Malolactic Fermentation in Wine . A Review," *South African J. Enol. Vitic.*, vol. 25, no. 2, 2004.
 - [77] S. Liu, "Malolactic fermentation in wine - beyond deacidification," *J. Appl. Microbiol.*, vol. 92, pp. 589-601, 2002.
 - [78] M. Miller, "Malolactic Fermentation," in *Wine from the inside out*, .
 - [79] E. Kraus, "Malolactic Fermentation." [Online]. Available: <https://eckraus.com/wine-making-malolactic-fermentation/>. [Accessed: 20-Mar-2019].
 - [80] C. Gao and G. H. Fleet, "Degradation of malic and tartaric acids by high density cell suspensions of wine yeasts," *Food Microbiol.*, vol. 12, pp. 65-71, 1995.

- [81] L. L. Low, B. O'Neill, C. Ford, J. Godden, M. Gishen, and C. Colby, "Economic evaluation of alternative technologies for tartrate stabilisation of wines," *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 43, no. 7, pp. 1202-1216, 2008.
- [82] A. Devatine, V. Gerbaud, N. Gabas, and J. Blouin, "PREDICTION AND MASTERING OF WINE ACIDITY AND TARTARIC PRECIPITATIONS: THE MEXTAR® SOFTWARE TOOL," *J. Int. des Sci. la Vigne du Vin*, vol. 36, no. 2, pp. 77-91, 2002.
- [83] E. Pittari, "Comparison between six different Carboxymethylcelluloses used as enological products for the tartaric stabilization of red wines," Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, 2016.
- [84] M. J. Cabrita, R. Garcia, and S. Catarino, *Chapter2: Recent developments in wine tartaric stabilization*. Évora: Noca Science Publishers, Inc., 2016.
- [85] G. Hubble, "Wine Sediment," 2017. [Online]. Available: <http://www.wineguy.co.nz/index.php/glossary-articles-hidden/494-wine-sediment>. [Accessed: 05-Apr-2019].
- [86] S. R. W. Drum, "A influência da madeira no envelhecimento do vinho," 2018. [Online]. Available: <http://boccativinhos.blogspot.com/2018/05/a-influencia-da-madeira-no.html>. [Accessed: 04-Apr-2019].
- [87] "How To Store Wine." [Online]. Available: <https://www.thetipsygrape.com/articles/how-to-store-wine.html>. [Accessed: 21-Feb-2019].
- [88] C. Santos, "Como armazenar vinho para que dure mais tempo?," 2015. [Online]. Available: <https://observador.pt/2015/04/23/armazenar-vinho-dure-tempo/>. [Accessed: 23-Mar-2019].
- [89] Ronald Ross Watson, *Polyphenols in Plants*, Segunda Ed. Andre Gerhard Wolff, 2019.
- [90] Á. B. Sáez, E. N. Lopez-Cordon, F. C. Fernández, and S. B. Sáez, "Refrigeration in Winemaking Industry," IntechOpen, Madrid.
- [91] K. Forsyth, W. Roget, and V. O'Brien, "Improving Winery Refrigeration Efficiency," *Aust. Wine Res. Inst.*, 2012.
- [92] Z. J. Steenkamp, "Evaluation of film, jacket and internal cooling during fermentation of grape juice," University of Cape Town, 1994.
- [93] M. W. I. Roux, K. Purchas, and B. Nell, "Refrigeration Requirements for Precooling and Fermentation Control in Wine Making," *South African J. Enol. Vitic.*, vol. 7, no. 1, pp. 6-13, 1986.
- [94] N. T. Raj, S. Iniyan, and R. Goic, "A review of renewable energy based cogeneration technologies," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 8, pp. 3640-3648, 2011.
- [95] U. ÇAKIR, K. Çomakli, and F. Yüksel, "The role of cogeneration systems in

sustainability of energy,” *Elsevier*, vol. 63, pp. 196-202, 2012.

- [96] Dominik Rutz, *Sustainable Heat Use of Biogas Plants*, Segunda Ed. Munich.
- [97] M. A. L. Pereira, “Estudo do desenvolvimento da integração de micro-cogeração em Portugal,” Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.